

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENT- UND

MARKENAMT

# Offenlegungsschrift

## DE 102 26 202 A 1

⑮ Int. Cl.<sup>7</sup>:

**C 08 J 9/12**

C 08 J 9/22

B 29 C 44/44

B 29 C 69/00

⑯ Innere Priorität:

101 28 291. 5      12. 06. 2001  
101 46 043. 0      18. 09. 2001  
101 46 055. 4      19. 09. 2001

⑰ Anmelder:

Fagerdala Benelux S.A., Thimister-Clermont, BE;  
Fagerdala Deutschland GmbH, 99885 Ohrdruf, DE

⑲ Vertreter:

Kaewert, K., Rechtsanw., 40593 Düsseldorf

⑳ Erfinder:

Strasser, Jean Paul, 52076 Aachen, DE; Landvik,  
Dag, Gustavsberg, SE; Bruning, Jürgen, 99885  
Ohrdruf, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑳ Herstellung von PP-Schaumpartikeln

㉑ Nach der Erfindung wird die Herstellung kohlendioxid-  
getriebener PP-Schaumpartikel durch Extrudieren unter  
Einhaltung besonderer Rahmenbedingungen möglich.

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Schaumpartikeln aus Polypropylen (PP). Schaumpartikel (auch Beads genannt) dienen zur Herstellung von Formteilen. Die Schaumpartikel werden in eine Form gefüllt und dort an der Oberfläche erwärmt bis es zu einem Anschmelzen der Oberfläche kommt. Unter dem in der Form bestehenden Druck kommt es dann zu einer Verschweißung der Schaumpartikel bzw. eine Verbindung der Partikel durch Versintern. Im folgenden wird immer nur die Schweißverbindung genannt. Das schließt die Verbindung durch Sintern ein.

[0002] Für die Erwärmung werden Schaumpartikel in der Form mit Heißdampf beaufschlagt. Der Heißdampf kann auch als Wasserdampf mit erhöhtem Druck ohne weiteres die notwendigen Temperaturen erreichen. Das sind bei PP in der Regel Temperatur, die je nach Materialbeschaffenheit in einem Bereich von 150 bis 170 Grad Celsius liegen.

[0003] Solche Formteilautomaten und deren Betrieb sind in folgenden Druckschriften beschrieben:

WO 00/48813, EP-A-7321, US-A-4264544, DE-A-33 30 826, DE-A-19 94 602, EP-A-351812, EP-A-112018.

[0004] Das klassische Verfahren zur Herstellung von Schaumpartikeln verwendet einen Autoklaven. Dabei wird Kunststoffgranulat(Mikrogranulat, Mikropellets) in einer Dispersion unter Druck und Temperatur gewonnen. Die Mikropellets werden mit einem Treibmittel, z. B. mit Pentan oder Propan, auch mit Kohlendioxid versetzt. Das geschieht im Autoklaven unter Druck und Temperatur. Die beladenen Mikropellets werden aus dem Autoklaven in eine Umgebung niedrigeren Druckes entlassen. Dadurch kommt es zu einer Expansion des Treibgases in dem erweichten Kunststoff. Es entstehen Gaszellen in dem Kunststoff. Durch Abkühlung des Kunststoffes werden die Zellen eingefroren. Art und, Umfang der Zellen hängen von der Menge des Treibgases und von den Druck- und Temperaturverhältnissen ab. Daneben sind noch andere Einflüsse zu berücksichtigen.

[0005] Die aus dem Autoklaven erlangten Schaumpartikel werden getrocknet und je nach Bedarf zu den Anwendern transportiert.

[0006] Die beim Anwender angelieferten Schaumpartikel können ohne weitere Behandlung im Formteilautomaten eingesetzt werden, wenn das dadurch entstehende Raumgewicht der Formteile annehmbar ist.

[0007] Je geringer das gewünschte Raumgewicht des Formteiles ist, desto geringer müssen das Raumgewicht und Schüttgewicht der Schaumpartikel werden. In der Praxis zeigen sich Schwierigkeiten, wenn kleine Raumgewichte bzw. Schüttgewichte erzielt werden sollen. Dabei gilt für die weiteren Ausführungen, daß das Schüttgewicht der Schaumpartikel vorzugsweise höchstens bis zu 40% vom Raumgewicht der Schaumpartikel abweicht. Das Raumgewicht wird immer im Zusammenhang mit dem Formteil genannt. Das Schüttgewicht im Zusammenhang mit den Schaumpartikeln.

[0008] Das Schüttgewicht bezieht sich auf die Schüttlage mit Hohlräumen zwischen den Schaumpartikeln. Das Raumgewicht der Schaumpartikel wird ohne Hohlräume gerechnet. Das Raumgewicht der Formteile kann vom Schüttgewicht aus unten erläuterten Gründen noch weiter abweichen.

[0009] Die Bemühungen der Fachwelt um den Einsatz von Kohlendioxid als Treibgas ist in der Praxis an der Schaumpartikel-Herstellung durch Extrusion und Granulierung vorbei gegangen.

[0010] Das ist umso bemerkenswerter, als es seit langem

bekannt ist, Schaumpartikel auch durch Extrudieren dünner Schaumstränge und deren Granulierung zu erzeugen. Hierzu wird z. B. auf die US-PS-4606873 verwiesen. Darin ist das Extrudieren von Schaumpartikeln beschrieben. Dabei ist ein 5 für das Extrudieren von Kunststoffschaum bekannter Schneckenextruder vorgesehen. Das muß nach dem Stand der Praxis ein Einschneckenextruder sein.

[0011] Der Kunststoff wird im Extruder plastifiziert, anschließend ein Treibmittel eindosiert. Als Treibmittel sind 10 flüssige organische Mittel vorgesehen, vorzugsweise aliphatische, gesättigte Kohlenwasserstoffe wie Propan, Butan, Isobutan oder Mischungen davon vorgesehen. Die so mit Treibmittel beladene Schmelze wird durch eine Matrize mit Düsenöffnungen gedrückt, so daß dünne Schmelzestränge austreten und aufschäumen.

[0012] Diese Schmelzestränge werden sofort unter Anwendung von Wasser granuliert. Mit dem Wasser gelangen die Schaumpartikel in einen Behälter, in dem die Schaumpartikel kontrolliert gekühlt werden. Nach ausreichender Abkühlung werden die Schaumpartikel von dem Wasser getrennt.

[0013] Bei der US-PS 4606873 ist kein Kohlendioxid als Treibmittel vorgesehen, obwohl die Fachwelt bereits zur damaligen Zeit um die Herstellung rein kohlendioxidgetriebener Schaumfolien und Schaumprodukte bemüht war.

[0014] Dahinter stehen bei der Herstellung von Schaumfolien und Schaumplatten mehrere Gründe. Dazu gehört der Umweltvorteil von Kohlendioxid. Kohlendioxid ist ein natürliches Gas und wird von den Pflanzen abgebaut. Wenn 30 Kohlendioxid als Treibmittel aus der Luft gewonnen wird und anschließend wieder in die Umgebungsluft entweicht, geht von der Kunststoffschaumherstellung keinerlei Gefahrenpotential aus. Es wird auch der Treibhauseffekt nicht erhöht, weil nicht mehr Kohlendioxid in die Umgebung entweichen kann als vorher aus der Umgebungsluft entnommen worden ist.

[0015] Zu den Gründen für die angestrebte Anwendung von reinem Kohlendioxid gehört auch, daß Kohlenwasserstoffverbindungen als Treibmittel ein erhebliches Brandpotential beinhalten und deshalb nicht gern eingesetzt werden.

[0016] Für die Anwendung von Kohlendioxid auf die Schmelzestränge für Schaumpartikel stand sowohl die Verwendung chemischer Mittel (die im Extruder Kohlendioxid freisetzen) als auch das Eindosieren flüssigen Kohlendioxids offen. Dabei wäre in Anwendung der Erfahrungen aus der Schaumfolienherstellung und Schaumplattenherstellung ohne weiteres ein Extrudieren rein kohlendioxidbeladener PP-Schmelze möglich gewesen.

[0017] Das muß auch vor dem Hintergrund zahlreicher 50 allgemeiner Hinweise auf Kohlendioxid gewürdigt werden. Das gilt auch für Schutzrechtsanmeldungen. Je nach Anmelder findet sich in verschiedenen Anmeldungen die gleiche Aufzählung der Treibmittel, wie ein Textbaustein. Folgt der Fachmann einigen dieser Vorschläge, dann wird er beim Extrudieren feststellen, daß der Strang zunächst vorbildlich steht, aber kurze Zeit später zusammenfällt.

[0018] Trotz der vielen druckschriftlichen Hinweise ist die Anwendung von Kohlendioxid für extrudierte und granulierte PP-Schaumpartikel, die in Formelautomaten miteinander verschweißt werden, nicht Praxis geworden.

[0019] Das konsequente Beharren der Schaumpartikel bei den Kohlenwasserstoffen als Treibmitteln bedarf einer Erklärung:

Der Grund für die mangelnde Anwendung von Kohlendioxid bei Schaumpartikeln wird im Ausdiffundieren gesehen. Das zum Schäumen von PP als Treibmittel verwendete Kohlendioxid diffundiert bereits innerhalb weniger Stunden aus dem PP aus. Kohlendioxid löst sich nicht im PP.

[0020] Außerdem wird die Schaumpartikelherstellung von der Autoklav-Technik beherrscht, so daß weltweit nur sehr wenige Extruder mit der Herstellung von Schaumpartikeln befaßt sind.

[0021] Die Erfahrung hat sich die Aufgabe gestellt, Schaumpartikel in der Praxis einzuführen, die durch Extrudieren von PP-Schaumsträngen und deren Granulieren entstehen, wobei als Treibmittel vorzugsweise allein Kohlendioxid verwendet wird und wobei vorzugsweise soviel Treibmittel zugegeben wird, daß Schaumpartikel mit einem Schüttgewicht von höchstens 150 Gramm pro Liter, vorzugsweise höchstens 100 Gramm pro Liter, noch weiter bevorzugt höchstens 50 Gramm pro Liter, entstehen. Das Schüttgewicht ist das Gewicht der Schaumpartikel in loser Schüttung bei Raumtemperatur und atmosphärischem Druck. Die notwendige Treibmittelmenge für jedes gewünschte Schüttgewicht läßt sich aus dem Hohlraumvolumen der Schaumpartikel und den Gasverlusten des Herstellungsvorganges berechnen oder mit wenigen Versuchen einstellen.

[0022] Nach der Erfahrung werden dadurch die gewünschten Schaumpartikel erreicht, daß eine PP-Mischung verwendet wird, deren Kunststoffanteile vor der Mischung unterschiedliche Schmelzpunkte aufweisen und

daß das Kohlendioxid in flüssiger Form bis an den Extruder geführt und in überkritischem Zustand in den Extruder eingespritzt wird und

daß das Kohlendioxid so in der Schmelze verteilt wird, daß die Zellgröße in den entstandenen Schaumpartikeln höchstens 0,1 mm, vorzugsweise höchstens 0,06 mm und noch weiter bevorzugt höchstens 0,02 mm, ist und

daß die entstandenen Schaumpartikel in einem Formteilautomaten zum Verschweißen mit einem Heißdampf beaufschlagt werden, welcher dem PP-Mischungsanteil mit der höheren Schmelztemperatur/Schmelzpunkt (hochschmelzender PP-Anteil) angepaßt ist, so daß der PP-Mischungsanteil mit der niedrigeren Schmelztemperatur/Schmelzpunkt (niedrig schmelzender PP-Mischungsanteil) zu einer Außenhaut abschmilzt, wobei die Hautdicke vorzugsweise bis 0,08 mm und noch weiter bevorzugt bis 0,2 mm beträgt.

[0023] Die Erfahrung mischt das Kohlendioxid rein mechanisch in die Schmelze ein. Die Mischleistung, welche zum Erreichen der vorgesehenen Zellgröße notwendig ist, wird vorzugsweise unter Verwendung eines Doppelschneckenextruders bzw. durch Verwendung eines Doppelschneckenextruderabschnittes erreicht. Dabei kann der gesamte Extrusionsvorgang mittels eines einzigen Doppelschneckenextruders dargestellt werden. Oder es können mehrere Extruder in einer Tandemanlage bzw. in einer Kaskadenanlage zusammenwirken. Zeitgemäße Extruder können darüber hinaus verschiedene Extruderabschnitte in sich vereinigen. Ein solcher Extruder kann einen Doppelschneckenextruderabschnitt im Bereich des Treibmitteleinspritzens und Treibmitteleinmischens besitzen und im übrigen (z. B. im notwendigen Kühlbereich) als Einschneckenextruder ausgebildet sein. Dabei setzt sich in der Regel eine der Schnecken des Doppelschneckenextruderabschnittes in dem Einschneckenextruderabschnitt fort. Der Doppelschneckenextruder besitzt in normaler Ausfertigung gegenüber einem Einschneckenextruder eine sehr viel höhere Mischleistung. Das ist bekannt. Es ist auch bekannt, die Mischleistung eines Einschneckenextruders durch besonders ausgebildete Schnecken zu steigern. Allerdings ist das nur in beschränktem Umfang möglich, weil die bekannten Maßnahmen zur Steigerung der Mischleistung die anderen gewünschten Extruderleistungen beeinträchtigen.

[0024] Die flüssige Zuführung von Kohlendioxid wird mit

einer Kühlung und entsprechendem Druck sichergestellt.

[0025] Während des Extrusionsvorganges wird die Schmelztemperatur in üblicher Weise gesteuert. Das schließt beim Einziehen und Plastifizieren des PP eine vor teilhafte Wärmezuführung und im übrigen eine Kühlung ein. Die Kühlung erfolgt in der Regel bis zum Austritt der Schmelze aus dem Extrusionswerkzeug.

[0026] Zur Kühlung/Beheizung sind im Extrudergehäuse bzw. in den Schnecken entsprechende Leitungen für Kühl mittel bzw. Heizmittel vorgesehen.

[0027] Das Extrusionswerkzeug ist wahlweise eine bekannte Dünscheibe. Dann handelt es sich um eine Scheibe mit Durchtrittsöffnungen (Düsen), die im Abstand voneinander angeordnet sind. Es sind auch andere Extrusionswerkzeuge für eine Granulierung bekannt, z. B. Ringe oder Hül sen mit Düsen, die am Umfang angeordnet sind.

[0028] Vor dem Extrusionswerkzeug und im Werkzeug herrscht ein Schmelzedruck, der eine Expansion des Treib mittels, d. h. ein Vorschäumen, vor Passieren der Engstelle der Düse unterdrückt.

[0029] Bei Verlassen des Extrusionswerkzeuges tritt die Schmelze in eine Umgebung geringen Druckes, z. B. Atmosphärendruck. Dadurch expandiert das in der Schmelze fein verteilte Treibmittel. Es entstehen feine PP-Schaumstränge.

[0030] Diese Stränge werden vorzugsweise sofort und unter gleichzeitiger Anwendung einer Wasserkühlung granuliert.

[0031] Selbst bei ausschließlicher Verwendung von Kohlendioxid als Treibmittel ist noch eine ausreichende Kühlung mit dem erfundungsgemäßen Verfahren gegeben. Dabei ist die Kühlwirkung von Kohlendioxid gering, wesentlich geringer als die von Propan oder Butan oder dergleichen ausgehende Kühlung. Die geringe Kühlwirkung von Kohlendioxid wird als eine der Ursachen für die beschränkte Anwendbarkeit von Kohlendioxid auf extrudierte PP-Schaumpartikel angesehen. Von komprimierten Gasen ist bekannt, daß die Gase bei Entspannung eine Abkühlung erfahren. Auf Grund der Kühlwirkung findet ein Temperaturabfall in der extrudierten Schmelze statt. Bei ausreichender Kühlwirkung an den Zellwänden des sich bildenden PP-Schaumes wird die Schmelze immer zäher, bis die Zellbildung/Zellwachstum ein Ende findet. Je früher das Zellwachstum beendet ist, desto kleiner ist die Zelle. Je länger das Zellwachstum dauert, desto größer werden die Zellen. Ggf. platzen die Zellen, wenn die Zellwände der Expansion des Treibmittels nicht mehr Stand halten.

[0032] Kohlendioxid hat nicht nur die Schwierigkeit einer relativ geringen Kühlwirkung, sondern auch die Schwierigkeit einer schlagartigen Expansion. Bei der Anwendung von Kohlendioxid muß die Kühlung deshalb in wesentlich kürzerer Zeit als mit Propan und Butan oder dergleichen herbeigeführt werden. Bei dickerem PP-Schaum entstehen leicht offene Zellen in dem Schaum.

[0033] Die Erfahrung hat die Zusammenhänge erkannt und darüber hinaus erkannt, daß der Nachteil umso geringer zur Wirkung kommt, je kleiner die aufschäumende Schmelzemenge ist. Je nach Abmessungen der Düsen im Extrusionswerkzeug besitzen die entstehenden Schaumpartikel Durchmesser von 0,5 bis 15 mm, vorzugsweise von höchstens 10 mm und noch weiter bevorzugt 2 bis 6 mm. Insbesondere im Durchmesserbereich kleiner 6 mm ist die Schmelzemenge schon so gering, daß eine noch fehlende Kühlwirkung durch eine zusätzliche, an sich bekannte Wasserkühlung dargestellt werden kann.

[0034] Bei den angegebenen Schaumpartikel-Durchmessern wird vereinfachend unterstellt, daß die entstehenden Schaumpartikel genau kugelig sind. Je nach Granulierungs verfahren entstehen auch anders geformte Schaumpartikel. Beim Extrudieren von Schmelzesträngen und anschließen-

dem Granulieren entstehen zumindest annähernd zylindrische Schaumpartikel.

[0034] Die Schnittfläche kann dabei gerade oder gewölbt verlaufen.

[0035] Der Durchmesser des Schmelzstranges liegt in dem oben wiedergegebenen Rahmen; desgleichen die Länge der durch Granulierung entstehenden Strangabschnitte. Vorzugsweise weicht der Durchmesser von der Länge höchstens 25%, vorzugsweise höchstens 10% ab und umgekehrt.

[0036] Auch andere Formen sind möglich, z. B. Linsenformen. Linsenformen entstehen, wenn die durch Extrudieren entstehenden Schmelzestränge in sehr kurzen Abständen abgelängt werden, die wesentlich kleiner, z. B. höchstens 50% des Durchmessers sind.

[0037] Je nach Qualität der Granulierung ist die Schnittfläche an den Schaumpartikeln sauber. Auch Schaumpartikel mit unsauberer Schnittfläche können verarbeitet werden. Unsauber sind die Schnittflächen, wenn Schnittfäden oder andere Verformungen aufweisen.

[0038] Von allen Schaumpartikeln-Formen wird deren Volumen auf eine kugelige Schaumpartikelform umgerechnet.

[0039] Aufgrund der feinen Verteilung des Kohlendioxids in der extrudierten Schmelze entsteht ein feinzelliger Schaum. Die Zellfeinheit unterscheidet sich mehrere Zehnerpotenzen von einem durchschnittlichen anderen, mit anderem Treibmittel extrudierten Schaum für Schaumpartikel. So hatte im Durchschnitt ein:

erfindungsgemäßer Schaum einen mittleren Zelldurchmesser von z. B.	0,020 bis 0,05 mm
herkömmlicher Schaum der Anmelderin einen Zelldurchmesser von bekannter Schaum von Basell einen mittleren Zelldurchmesser von bekannter Schaum von Vestocell einen mittleren Zelldurchmesser von bekannter Schaum von BASF einen mittleren Zelldurchmesser von bekannter Schaum von JSP einen mittleren Zelldurchmesser von bekannter Schaum von Kaneka einen mittleren Zelldurchmesser von	0,032 mm 0,117 bis 0,176 mm 0,689 mm 0,427 mm 0,295 mm 0,280 mm 0,358 mm

[0040] Bei der Anzahl der Zellen je Kubikmillimeter wird der Unterschied des neuen Schaumes zu herkömmlichem Schaum noch deutlicher. Die Anzahl an Zellen ist:

bei erfindungsgemäßem Schaum in obigem Beispiel	88917
bei herkömmlichem Schaum der Anmelderin	1790
bei Schaum von Basell	9
bei Schaum von Vestocell	37
bei Schaum von BASF	112
bei Schaum von JSP	130
bei Schaum von Kaneka	63

[0041] In den entstehenden Schaumpartikeln sind nach bisherigen Versuchen zwei verschiedene Schmelzpunkte als Schmelzepeaks nicht mehr nachweisbar. Vielmehr entsteht ein breiter Schmelzbereich mit sehr vielen praktischen Vorteilen. Die Breite des Schmelzbereiches ist bestimmt durch den Abstand der Schmelzpunkte der Mischungsanteile vor der Mischung. Ohne weiteres ist ein Schmelzbereich mit einer Breite von 10 Grad Celsius, vorzugsweise von 15 Grad Celsius und mehr erreichbar. Das hat sehr vorteilhafte Auswirkungen. Unter anderem:

a) der für die Herstellung der Formteile erforderliche Dampfdruck kann in einem breiten Bereich relativ hoch oder niedrig oder anders gewählt werden. Der Bereich kann z. B. 3 bis 5 bar sein.

b) der Verbund mit anderen Materialien wird wesentlich erleichtert. Das betrifft die Herstellung von Verbundkörpern und Bahnen. Besondere Bedeutung hat das für die Automobilindustrie. Dort finden zunehmend Formteile Einsatz, die außen beschichtet sind. Z. B. bestehen Armaturenbretter, Konsolen, Türgriffe, Türverkleidungen ganz oder teilweise aus Formteilen, die Fahrzeug-Innenraumseitig mit einer Folie beschichtet sind.

[0042] Vorteilhafterweise zeigen die erfindungsgemäßen Schaumpartikel eine sehr viel geringere Neigung zum Schrumpeln als andere extrudierte Beads. Das wird auf die Feinzelligkeit des Schaumes zurückgeführt. Jede Zellwand bildet eine Membranwand, welche dem Entweichen des Treibgases hinderlich ist. Das Treibgas diffundiert zwar durch die Zellwände hindurch.

[0043] Der Vorgang verzögert sich jedoch durch häufigere Wiederholung als bei einem großzelligen Schaum. Eine noch größere Wirkung wird Abkühlung der Schmelze zugeschrieben. Die kleinen Schaumpartikel werden durch die Abkühlung besonders wirksam stabilisiert.

[0044] Die Feinzelligkeit bzw. Mikrozelligkeit Kohlendioxid getriebener Schäume ist an sich als Mikrozell-Technologie bei der Herstellung spritzgeformter Teile hohen Raumgewichtes bekannt. Dabei basiert die Feinzelligkeit auf einem Übermaß an Kohlendioxid. Das Übermaß an Treibmittel kann in der Spritzform keinen nennenswerten Schaden anrichten, weil die Ausdehnung des Schaumes durch die Wände der Spritzform begrenzt ist.

[0045] Bei einem frei extrudierten Strang ist das anders. Dort würde ein Übermaß an Treibmittel auch zu einem übermäßigen Wachstum, insbesondere einem übermäßigen Zellwachstum führen. Mit der Zerstörung der Zellen und der Offenzelligkeit wäre dann zu rechnen. Deshalb konnte diese Technik der Formteilherstellung aus Partikelschaum keine Anregung geben.

[0046] Überraschender Weise kann aus den entstehenden erfindungsgemäßen Schaumpartikeln ein wesentlich härteres Formteil gefertigt werden, wenn die entstandenen Schaumpartikel in einem Formteilautomaten eingesetzt werden und mit einem Heißdampf beaufschlagt werden, welcher in der Temperatur und Druck höher liegt als ein Heißdampf, der dem niedrig schmelzenden PP-Mischungsanteil in den Schaumpartikeln angepaßt ist.

[0047] Angepaßt heißt: Die Temperatur des Heißdampfes ist so eingestellt, daß die in den Formteilautomaten eingefüllten Schaumpartikel an der Oberfläche angeschmolzen werden und unter Druck miteinander verschweißen. Durch genaue Dosierung des Heißdampfes wird üblicherweise verhindert, daß mehr von den Partikeln an- und abgeschmolzen wird, als zum Verschweißen der Partikel erforderlich ist.

[0048] Vorzugsweise erfolgt die Temperatursteuerung

durch intermittierende Dampfstöße und durch die Messung der Dampftemperatur und die Bemessung der Zahl der Dampfstöße sowie durch deren zeitliche Länge und deren Abstand.

[0049] Der einem PP-Mischungsanteil in den Schaumpartikeln angepaßte Heißdampf muß ein überhitzter Heißdampf sein, weil mit einem Dampfdruck von einem bar lediglich 100 Grad Celsius an Temperatur erreicht werden können. Die Schmelztemperatur niedrig schmelzender PP-Mischungsanteile liegt jedoch z. B. bei etwa 140 Grad Celsius. Der Dampfdruck des angepaßten Heißdampfes liegt bei etwa 3 bar.

[0050] Die Schmelztemperatur hoch schmelzender PP-Mischungsanteile liegt z. B. bei etwa 160 Grad Celsius. Der Dampfdruck des angepaßten Heißdampfes liegt bei etwa 5 bar.

[0051] Wird nun ein solcher niedrig schmelzender PP-Mischungsanteil mit einem Heißdampf von mehr als 3 bar beaufschlagt, so besitzt dieser Heißdampf eine aus der Dampftabelle ablesbare höhere Temperatur als der niedrig schmelzende PP-Mischungsanteil.

[0052] Der niedrig schmelzende PP-Mischungsanteil wird außen an den Schaumpartikeln zu einer Haut abgeschmolzen. Auch außen an dem entstehenden Formteil bildet sich eine glatte Haut. Die Hautbildung ist umso stärker, je höher der Dampfdruck wird und je höher die damit verbundene Dampftemperatur ist. Vorzugsweise wird der Dampfdruck nicht höher gewählt, als der Dampfdruck des dem hoch schmelzenden PP-Mischungsanteil angepaßten Dampfes ist, z. B. nicht höher als die oben erwähnten 5 bar ist.

[0053] Vorteilhafterweise kann die Festigkeit der erfindungsgemäß hergestellten Formteil eingestellt werden. Es lassen sich z. B. Formteile aus den Kohlendioxid getriebenen Schaumpartikeln erreichen, die durch die Hautbildung eine gleichwertige Festigkeit wie herkömmlich hergestellte Schaumpartikel. Die Festigkeit kann auch darüber hinaus noch gesteigert werden. Außerdem entsteht eine glatte Außenfläche mit einer Reihe von Vorteilen. Dazu gehören die bessere Anmutung und diverse Verarbeitungsvorteile der hergestellten Formteile.

[0054] Vorteilhafterweise mußten die versuchsweise hergestellten Formteile nicht getempert werden. Bei Formteilen aus Schaumpartikeln, die herkömmlich durch Extrudieren und Granulieren erzeugt werden, ist das Tempern in großem Umfang erforderlich.

[0055] Selbst bei Formteilen aus Schaumpartikeln, die mittels eines Autoklaven erzeugt worden sind, wird bei Raumgewichten kleiner 40 kg pro Kubikmeter getempert. Der Umfang des Temperns nimmt zu mit abnehmendem Raumgewicht. Das Tempern soll den Formteilen eine gewünschte Formstabilität geben. Durch die vorgesehene Wärmebehandlung wird zugleich die vorhandene Feuchtigkeit ausgetrieben.

[0056] Im übrigen bestehen die mittels Autoklaven hergestellten Schaumpartikel in der Regel aus einem Randompolymer, während für das Extrudieren Copolymer Anwendung finden, um der Verarbeitung im Extruder Rechnung zu tragen.

[0057] Das Tempern ist ein aufwendiger Vorgang. Entweder findet das Tempern batch-Weise in einem geschlossenen Ofen oder in einem Durchlaufofen entsprechender Länge statt.

[0058] Die vom Tempern unabhängige Formstabilität der erfindungsgemäßen Formteile wird auf verschiedene Umstände zurückgeführt. Dazu gehören die oben erläuterte Feinzelligkeit der Schaumpartikel und der erläuterte Gerüstaufbau im Formteilautomaten.

[0059] Die Breite des Schmelzbereiches erfindungsgemäß

ber Materialmischungen kann sehr vorteilhaft für das Verschweißen der Schaumpartikel in dem Formteilautomaten genutzt werden. Die Breite des Schmelzbereiches erleichtert das Verschweißen der Schaumpartikel miteinander und mit eingesetzten anderen Kunststoffteilen. Es kann mit geringerer Genauigkeit in der Temperaturregelung gearbeitet werden. Der Betrieb des Formteilautomaten wird wesentlich erleichtert, indem auf eine unzureichende Verschweißung mit einer Änderung der Dampfzufüllung reagiert werden kann.

10 Wenige Versuche sind ausreichend, um zu einer gewünschten Verschweißung zu kommen.

[0060] Die in den Formteilautomaten eingesetzten Kunststoffteile können z. B. Versteifungsprofile oder Stoßfänger sein. In beiden Fällen ist eine ausreichende Verschweißung wichtig. Häufig werden die eingesetzten Kunststoffteile von Dritten bezogen und stellt sich das Problem der Einhaltung einer genauen Schweißtemperatur. Für die Verschweißung mit den erfindungsgemäß Schaumpartikeln ist die Genauigkeit der Schweißtemperatur von eingesetzten Kunststoffteilen nicht entscheidend, weil der erfindungsgemäß breite Schmelzbereich Ungenauigkeiten zuläßt.

[0061] Eine weitere günstige Wirkung geht von dem PP-Mischungsanteil mit dem niedrigeren Schmelzpunkt in der Düse aus. Dort kann dieser PP-Mischungsanteil übliche Gleitmittel ganz oder teilweise ersetzen.

[0062] Es ist von Vorteil, wenn das erfindungsgemäß Verfahren ergänzt wird durch

- 30 a) eine genaue Steuerung der Kohlendioxidzugabe
- b) eine sichere Druckhaltung bis zum Schmelzeaustritt
- c) eine genaue Steuerung der Heißdampfbeaufschlagung im Formteilautomaten

[0063] Die Extrudertechnik eröffnet für den Anwender noch weitere Vorteile:

35 Der Extruder kann bei dem Anwender der Schaumpartikel aufgestellt werden.

[0064] Die Erfindung hat sich die Aufgabe gesetzt, den Einsatz von Kohlendioxid als Treibmittel bei PP-Schaumpartikeln zu ermöglichen.

[0065] Das belastet den Anwender zwar mit einem zusätzlichen Prozeßschritt und notwendigen zusätzlichen Investitionen. Auf der anderen Seite reduzieren sich die Transportkosten, weil jetzt ungeschäumtes PP-Rohmaterial zum Anwender transportiert werden kann. Für den Anwender eröffnet sich darüber noch ein weiteres positives Geschäftsfeld, weil der Anwender nun zum PP-Rohstoffeinkäufer wird.

[0066] Ein weiterer Vorteil des Ersatzes herkömmlicher Treibmittel durch Kohlendioxid ist die verminderte Brandgefahr bei der Lagerung und Schaumherstellung.

[0067] Die Erfindung verläßt das herkömmliche Autoklavkonzept der Partikelschaumherstellung, indem bei dem Anwender mittels Extruder Kunststoffschaumstränge geringen Durchmessers erzeugt und anschließend zu Partikeln granuliert werden. Der Extruder hat den Vorteil, daß er das Treibmittel einmischen und in der Schmelze fein verteilen kann.

[0068] Die Extruderanlagen erfordern im Vergleich zu Autoklavanlagen einen wesentlich geringeren Aufwand. Das erleichtert die Aufstellung von Extruderanlagen beim Abnehmer, so daß ein Transport entbehrlich wird.

[0069] Ein weiterer Vorteil wird darin gesehen, daß die Extrudertechnik sehr viel leichter umstellbar/umrüstbar ist auf andere Schaumpartikel als gebräuchliche Herstellungsanlagen mit Autoklaven.

[0070] Mit dem Extruderkonzept sind Spezialitäten zu erschwinglichen Kosten herstellbar, mit gebräuchlichen Herstellungsanlagen nicht.

[0071] Für den Bau einer ersten geeigneten Anlage ist nur ein Extruder kleiner Leistung erforderlich. Je kleiner die Leistung ist, desto geringer sind das Bauvolumen und die damit verbundenen Kosten. Trotz der kleinen Leistung kann ein Extruder jede gewünschte Chargengröße darstellen. Größere Chargen dauern nur länger.

[0072] Deshalb eignet sich das Extruderkonzept besonders, um bei einem Anwender eine Kohlendioxid-Schaumpartikel-Herstellung aufzubauen.

[0073] Im Extruder kommt es nicht unbedingt auf die Löslichkeit von Kohlendioxid in dem Kunststoff an, weil das Kohlendioxid vom Extruder in der Kunststoffschnelze dispergiert werden kann.

[0074] Nach der Erfindung ist deshalb für die Dispergierung vorzugsweise ein Doppelschneckenextruder oder ein Extruder mit vergleichbar Dispergierungsleistung vorgesehen. Das Kohlendioxid wird in der Dispergierungszone oder (in Durchtrittsrichtung der Schmelze) davor eingespeist, und zwar flüssig und/oder gasförmig.

[0075] Günstig ist, daß die Kohlendioxideinspeisung konstant erfolgt und genau einstellbar ist. Dazu ist eine Pumpe von Vorteil. Es gibt auch andere Regel/Steuerungsmöglichkeiten, z. B. über Regelventile. Besonders empfindlich reagiert das Schäumen von PP auf Druckschwankungen/Mengenschwankungen im Extruder. Dann kommt es partiell zu Überschuß oder zu Unterschuß von Kohlendioxid in der Schmelze. Die Schmelze expandiert infolgedessen zu stark oder zu gering. Das beeinträchtigt nicht nur die Qualität des Schaumes sondern gefährdet auch die Geschlossenheit.

[0076] Wahlweise ist eine Geschlossenheit von mindestens 95% der Zellen oder noch eine größere Geschlossenheit vorgesehen.

[0077] Nach der Erfindung ist deshalb vorzugsweise vorgesehen, die Kohlendioxidzugabe in Abhängigkeit vom Druck in dem Extruder zu steuern.

[0078] Der Doppelschneckenextruder bewirkt die gewünschte feine Verteilung von Kohlendioxid in der Kunststoffschnelze. Wahlweise kann der Doppelschneckenextruder auch durch andere Mischungseinrichtungen einschließlich andere Extruder ersetzt werden. Das setzt allerdings eine gleiche Mischungsleistung bzw. Dispergierungsleistung bzw. Homogenisierungsleistung wie bei einem Doppelschneckenextruder voraus.

[0079] Nach der Erfindung ist darüber hinaus vorzugsweise vorgesehen, daß ein Schmelzedurchgang/Durchfluß von 0,25 bis 2,5 kg pro min und pro 0,8 Quadratmillimeter Düsenöffnungsfläche. Überraschenderweise trägt das in ganz erheblichem Umfang zur Schaumqualität bei. Bei 0,8 Quadratmillimeter Düsenöffnungsfläche ist der Durchmesser der Düse etwa 1 mm.

[0080] Vorzugweise ist der Schmelzedurchgang 0,4 bis 0,6 kg pro min und pro 0,8 Quadratmillimeter Düsenöffnungsfläche.

[0081] Der Doppelschneckenextruder ermöglicht es, für den gewünschten Schmelzedurchgang/Schmelzedurchfluß vor der Extruderdüse einen Druck von 80 bar bis 120 bar darzustellen. Vorzugsweise beträgt der Druck 110 bar plus/minus 5 bar. Mit einem Einschneckenextruder sind in der Praxis nur Drücke kleiner 80 bar darstellbar.

[0082] Vorzugsweise findet eine Düsenscheibe mit einer Vielzahl – z. B. zwischen 50 und 500 Düsen – nebeneinander angeordneter Düsen Anwendung. Die Anzahl der Düsen kann reduziert werden, wenn sich Schwierigkeiten bei der Einhaltung des gewünschten Druckes zeigen. Die Änderung der Düsenzahl lässt sich durch Auswechselung der Düsenscheibe oder durch Schließen einzelner Düsen erreichen. Zweckmäßigerweise sind die Düsen dazu auswechselbar –

z. B. ein- und ausschraubar – in der Düsenscheibe vorgesehen, so daß die Düsen leicht gegen Stopfen auswechselbar sind. Die richtige Düsenzahl lässt sich mit wenigen Versuchen feststellen. Vorzugsweise liegt die Düsenzahl bei 180 bis 250.

[0083] Die erfindungsgemäße Verwendung des Doppelschneckenextruders schließt ein, daß der Doppelschneckenextruder mit Extrudern anderer Bauart kombiniert wird. Das bietet sich besonders an, wenn für einzelne Aufgaben/Abschnitte des Extrudierens unterschiedliche Extruderbauarten zur Anwendung kommen. Beim Extrudieren wird zumeist unterschieden zwischen folgenden Zonen:

Einzugzone, Aufschmelzzone, Homogenisierungszone, Dispergierungszone, Kühlzone, Austrittszone.

[0084] Für jede oder mehrere Zonen kann ein anderer Extruder zur Anwendung kommen.

[0085] Die erfindungsgemäße Verwendung des Doppelschneckenextruders schließt auch ein, daß für die Dispergierungszone und angrenzende weitere Zonen ein gemeinsamer Extruder verwendet wird, der Abschnitte unterschiedlicher Bauart in sich vereinigt.

[0086] Im weiteren wird ein als Doppelschneckenextruder ausgebildeter Extruderabschnitt gleichwohl als Doppelschneckenextruder bezeichnet.

[0087] Ein weiterer wesentlicher Punkt ist die Verwendung besonderer Düsen.

[0088] Nach der Erfindung werden Düsen mit einem Durchmesser von 0,6 bis 1,5 mm, vorzugsweise 0,9 bis 1,1 mm, und mit einer Düsenlippenlänge von 1 bis 10 mm, vorzugsweise 4 bis 8 mm sowie mit höherer Gleitfähigkeit als eine unbehandelte Stahloberfläche verwendet. Mit Durchmesser ist dabei der Innendurchmesser (Öffnungsweite im Unterschied zur Düsenöffnungsfläche) bezeichnet.

[0089] Die Düsenlippe bezeichnet die Gleitlänge des Schaumes in der Düse von der engsten Düsenöffnung bis zum Verlassen der Düse.

[0090] Vorzugsweise besitzt die Düse eine zylindrische Öffnung und entlang der Düsenlippe einen gleichbleibenden Durchmesser. Auf dem Weg durch die Düse erfährt die Schmelze eine starke Verformung. Je länger die Düsenlippe in den oben angegebenen Grenzen ist, desto weniger zeigt die Schmelze einen Memory-Effekt. D. h. desto weniger neigt die Schmelze zu einer Rückformung.

[0091] Besonders für längere Düsenlippen ist eine höhere Gleitfähigkeit von Vorteil.

[0092] Die Gleitfähigkeit lässt sich auf chemischem und/oder mechanischem Wege verbessern. Eine höhere Gleitfähigkeit lässt sich durch Schleifen oder Polieren der Düsenflächen erreichen. Eine höhere Gleitfähigkeit lässt sich auch mittels eines geeigneten Werkstoffes wie Messing oder Grafit oder durch eine Beschichtung mit diesen Materialien oder mit einer Teflonschicht erreichen. Auch gehärtete Düsen, titanisierte Düsen, nitrierte Düsen, gehohnte Düsen zeigen eine erhöhte Gleitfähigkeit.

[0093] Alternativ oder zusätzliche kann dem Schaum auch ein Gleitmittel zugesetzt werden.

[0094] Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich sehr vorteilhafte Schaumpartikel auch rein mit Kohlendioxid als Treibmittel erzielen. Die alleinige Verwendung von Kohlendioxid als Treibmittel ist umwelttechnisch das Idealziel, wenn das Treibmittel aus der Atmosphäre gewonnen wird. Dann entsteht umwelttechnisch eine Nullbilanz, weil nur so viel Kohlendioxid über die Schaumpartikel in die Atmosphäre abgegeben wird, wie vorher aus der Atmosphäre gewonnen wird.

[0095] Wenn sich jedoch ein Fachmann nicht an die Idealvorgabe ausschließlicher Verwendung von Kohlendioxid halten will, so kann er unter weiterer Nutzung der wesentli-

chen Merkmale der Erfindung auch ein Treibmittelgemisch mit Kohlendioxid oder ein Treibmittel ohne Kohlendioxid einsetzen. Das Kohlendioxid hat im Gemisch vorzugsweise einen Mindestanteil von 50 Gew.-%, noch weiter bevorzugt einen Mindestanteil von 80 Gew.-% und aus obiger Sicht im Idealfall einen Mindestanteil von 99 Gew.-% und mehr.

[0096] Die anderen Mischungsanteile können sein: Wasser und/oder Alkohol oder Ketone oder andere Bestandteile, auch Kohlenwasserstoffe, insbesondere Pentan oder Butan oder Isobutan oder Propan.

[0097] Die Gründe für die Abweichung von der Idealvorgabe Kohlendioxid können vielfältig sein. Schwierigkeiten haben viele Hersteller mit Kohlendioxid allein schon deshalb, weil der Strömungswiderstand der Schmelze mit zunehmendem Kohlendioxidgehalt stark ansteigt. Viele Anlagen sind mit der Überwindung dieses Strömungswiderstandes bereits überfordert. Andere Anlagen sind nicht in der Lage eine vergleichbare Mischerleistung aufzubringen wie eirr Doppelschneckenextruder.

[0098] In der Regel wird das Extrudieren mit anderen Treibmitteln und Mischungsanteilen leichter, so daß es dem Fachmann möglich ist, sich durch fortschreitendes Reduzieren der anderen Mischungsanteile und Erhöhen des Kohlendioxidgehaltes der Idealvorgabe zu nähern.

[0099] Der Anteil des Treibmittels beträgt mindestens 2 Gew.-% von der Einsatzmischung im Extruder aus Kunststoff, Zuschlägen und Treibmittel. Der Anteil kann auch 10 Gew.-% von der Einsatzmischung betragen.

[0100] Mit einem Treibmittelanteil von 2 bis 15 Gew.-% von der Einsatzmischung vorzugsweise bis 10 Gew.-% können ohne weiteres alle gewünschten Schaumpartikel aus PP erreicht werden.

[0101] Vorzugsweise beträgt der Treibmittelanteil bei ausschließlicher Verwendung von Kohlendioxid 3,7 bis 4,8 Gew.-%. Daraus lassen sich bei der hier beschriebenen Formteilherstellung ohne weiteres Raumgewichte von 27 bis 30 kg pro Kubikmeter erzielen. Es lassen sich aber auch höhere und geringere Schüttgewichte und höhere und geringe Formteil-Raumgewichte erzeugen. Die Schüttgewichte können auch auf 25 oder 20 oder 15 oder 13 Gramm pro Liter reduziert oder über 30 Gramm pro Liter erhöht werden. Die Erzeugung höherer Schüttgewichte und höherer Raumgewichte ist einfacher als die Erzeugung niedriger Schüttgewichte und niedrigerer Raumgewichte. Zum Beispiel sind ohne weiteres Raumgewichte von mehr als 60 kg pro Kubikmeter zu erzielen.

[0102] Nach der Erfindung läßt sich ein besonders geringes Schüttgewicht und auch ein geringes Formteil-Raumgewicht durch unten erläutertes Nachblähen der Schaumpartikel erzielen. Darüber hinaus zeigt die Erfindung weitere Maßnahmen für die Reduzierung der Schüttgewicht/Raumgewichte auf.

[0103] Für Formteile die zur Isolierung oder als Verpackungsmittel dienen sollen, wird ein besonders geringes Formteilraumgewicht erwünscht. Um ein geringes Raumgewicht des Formteiles zu erzielen, sind Schaumpartikel mit geringem Schüttgewicht von Vorteil.

[0104] Vorzugsweise sollen die Schaumpartikel ein Schüttgewicht (in loser Schüttung) von gleich oder weniger als 22 gr pro Liter, noch weiter bevorzugt 18 oder weniger gr pro Liter erhalten.

[0105] Die Verarbeitungstemperatur von PP liegt in einem Temperaturfenster beiderseits der Schmelztemperatur. Die Abweichung von der Schmelztemperatur beträgt vorzugsweise nicht mehr als 10% von der Schmelztemperatur.

[0106] Mit Verarbeitungstemperatur ist die Temperatur der Schmelze vor der Extrusionsdüse gemeint. In Durchtrittsrichtung davor ist die Temperatur der Schmelze in der

Regel um einiges höher. Deshalb ist vor dem Schmelzeausritt eine Kühlzone vorgesehen, in der die Schmelze auf die Austrittstemperatur abgekühlt wird.

[0107] Die Schmelztemperatur liegt je nach Qualität des PP zwischen 140 und 170 Grad Celsius, z. B. bei 157 Grad Celsius. Dann beträgt die Abweichung 15,7 Grad Celsius und verteilt sich beiderseits der Schmelztemperatur.

[0108] Mit PP lassen sich besonders gute Ergebnisse erzielen, wenn sogenanntes HMS(hohe Schmelzespannung)Material zum Einsatz kommt, besonders wenn dabei verzweigte Molekülketten vorliegen. Brauchbare Ergebnisse lassen sich auch mit teilvernetzten Molekülketten erzielen. PP-HMS ist ein handelsüblicher Kunststoff, z. B. wird PP-HMS von der Firma Basell und von der Firma Borrealis angeboten.

[0109] PP-HMS ist unter anderem beschrieben in folgenden Druckschriften:

Zeitschrift Kunststoff 1992, S. 671 ff, US-A-4916198, DE-B-32 20 269, DE-A-15 04 355, DE-B-63 07 637.

[0110] Vorzugsweise findet das PP-HMS als hochschmelzender Bestandteil der PP-Mischung Anwendung.

[0111] Der Mischungsanteil von PP-HMS in der PP-Mischung beträgt vorzugsweise mindestens 15 Gew.-%, noch weiter bevorzugt 30 Gew.-%, und zur Herstellung besonderer Qualitäten mindestens 50 Gew.-% von der Mischung plus/minus 30%, noch weiter bevorzugt plus/minus 10%, bezogen auf die gesamte PP-Mischung. Nach oben sind der PP-HMS-Zumischung auch wirtschaftliche Grenzen gesetzt. Je mehr der PP-HMS-Zumischungsanteil begrenzt wird, desto wirtschaftlicher wird die Schaumpartikelherstellung und die Formteilherstellung.

[0112] Die Schmelze tritt aus den Extrusionsdüsen in feinen Schmelzesträngen in eine Granulierzvorrichtung aus. Der Durchmesser der Schmelzestränge ist von den Düsen, der Temperatur, der Beschaffenheit der Schmelze und dem Schmelzdruck abhängig. Als Granulierzvorrichtung kann ein rotierendes oder ein hin- und hergehend bewegtes Messer verwendet werden. Es können auch mehrere Messer gleichzeitig zum Einsatz kommen. Die Messer streichen an der Düsenplatte entlang und zerschneiden die austretenden Schmelzestränge. Die Messerzahl, Messergeschwindigkeit und die Extrusionsgeschwindigkeit bestimmen die Partikelgröße.

[0113] Es sind Granulierzvorrichtungen zur Granulierung von Kunststoffschmelze für Pulverlackierungen und anderes bekannt, in denen die Schmelzestränge bzw. die anfallenden Partikel mit Wasser oder mit Luft beaufschlagt werden. Die Wasser- und/oder Luftspülung dient der Vereinzelung und Kühlung von anfallenden Partikeln.

[0114] Granulierungen sind auch beschrieben in folgenden Druckschriften:

EP-A-780206, DE-OS 26 26 968, Handbuch der Kunststofftechnik, Verlang Hanser, 1986, S. 13, 14, 27.

[0115] Bei der Extrusion/Granulierung von Kohlendioxid getriebenen Schaumpartikeln findet durch das expandierende Kohlendioxid in den Partikeln eine Kühlung statt. Darüber hinaus findet nach der Erfindung noch eine Kühlung der Partikel mit Wasser statt.

[0116] Besonders günstig ist eine Unter-Wasser-Granulierung. Die Wasserbeaufschlagung erfolgt dabei intensiv. Wahlweise wird die Wassertemperatur dabei gesteuert bzw. geregelt. Die Wassertemperatur kann auch mit der Wasserströmungsgeschwindigkeit beeinflußt werden. Ziel der intensiven Kühlung ist es, die PP-Schaumpartikel im amorphen Zustand einzufrieren. Im amorphen Zustand kann ein anschließender Verformungsvorgang bei der Erweichungstemperatur des amorphen Materials erfolgen. Diese Temperatur liegt unterhalb der Schmelztemperatur z. B. bei

140 Grad Celsius. Bei langsamer Abkühlung der Schmelze kristallisiert das PP. Die Nachblähtemperatur kristallisierten Materials liegt wesentlich höher als die von amorphem Material. Die zugehörige Erwärmung bereitet einen höheren Aufwand. Die richtige Wassertemperatur für das Einfrieren im amorphen Zustand kann mit einigen Versuchen bestimmt werden.

[0117] Nach dem Extrudieren, Aufschäumen und Granulieren werden die Schaumpartikel aus dem Granulator ausgetragen und getrocknet. Die gesammelten Partikel werden gelagert und in der jeweils gewünschten Menge zum Einsatz im Formteilautomaten abgezogen.

[0118] Die gewünschte Menge ergibt sich aus dem gewünschten Raumgewicht des Formteiles und der Beschaffenheit der Schaumpartikel. Je nach Beschaffenheit können die Schaumpartikel ohne Bearbeitung in den Formteilautomaten geführt werden.

[0119] Zur Erreichung niedriger Formteil-Raumgewichte kann neben anderen Maßnahmen oder anstelle anderer Maßnahmen ein Nachblähen der Schaumpartikel mit Druckluft stattfinden. Die Schaumpartikel werden dabei mit Druckluft beladen. Die Beladung erfolgt in einer Druckkammer. Die Beladung kann kalt oder warm erfolgen. Bei kalter Beladung wird eine langsame Druckerhöhung zum Beispiel von 1 bar pro Stunde auf vier bar empfohlen. Unter Erwärmung auf z. B. 80 Grad Celsius ist es möglich, sofort den gewünschten Enddruck anzulegen. Die Erwärmung fördert das Eindringen der Druckluft in die Partikel.

[0120] Bei einem Druck von 4 bar in der Druckkammer entsteht je nach Beschaffenheit/Schüttgewicht (20 bis 30 Gramm pro Liter) der Schaumpartikel innerhalb von 4 h ein Innendruck von 1 bis 1,4 bar in den Zellen. Der Beladungsdruck liegt in der Regel bei 2,5 bis 5,5 bar, vorzugsweise bei 3 bis 5 bar. Je nach Beladungsdruck und Beladungszeit variiert der entstehende Innendruck in den Zellen.

[0121] Es ist von Vorteil, die Schaumpartikel nach der Beladung weiter unter einem Druck zu halten, der ein Abfallen des Innendruckes verhindert. Je nach erwarteter Dauer bis zum Abrufen der Schaumpartikel zur Verarbeitung in dem Formteilautomaten liegt der Behälterdruck bei 1,2 bis 4,6 bar, vorzugsweise bei 2,2 bis 3,6 bar. Der Abruf der Schaumpartikel erfolgt mit Druckluft als Fördermedium. Die Druckluft zieht aus dem Vorratsbehälter/Druckkammer die mit Druckluft beladenen Schaumpartikel ab und trägt sie in den Formhohlraum des Formteilautomaten. Dort ist wahrscheinlich ein Staudruck von 1 bis 3 bar, vorzugsweise 1,2 bis 2,8 bar vorgesehen.

[0122] Die Druckluftleitung und der Schaumpartikel-Eintrag in den Formteilautomaten sind so gestaltet, daß innerhalb kurzer Zeit eine gewünschte Füllung erreicht ist. Vorzugsweise liegt die Füllzeit bei 8 bis 16 Sekunden, vorzugsweise bei 10 bis 14 Sekunden.

[0123] Nach der Erfahrung findet kein Vorschäumen und kein Nachschäumen sondern ein Nachblähen der Schaumpartikel im Formteilautomaten ggfs. auch schon vorher statt, wenn geringere Raumgewichte gewünscht werden, die sich mit dem bei der Extrusion erzielbaren Raumgewicht der Schaumpartikel nicht darstellen lassen. Beim Nachblähen entstehen keine neuen Gaszellen, die vorhandenen Zellen in den Schaumpartikeln werden bleibend aufgeweitet.

[0124] Zum Nachblähen werden die Schaumpartikel, wie oben beschrieben, in einer Druckkammer mit Druckluft beladen und in den Formteilautomaten eingefüllt. Der Staudruck/Widerstand gegen Entweichen der Transportluft läßt sich mit Hilfe eines Ventils in der Abluftleitung erzeugen bzw. einstellen.

[0125] Der entstandene Widerstand wird überwunden, wenn der Fülldruck der Transportluft entsprechend hoch ist.

Der Fülldruck kann auch 0,1 bis 1 bar über dem Widerstandsdruck/Staudruck liegen. Die Druckdifferenz beeinflußt die Fülldauer.

[0126] Im Unterschied zu herkömmlichen Füllvorgängen ist zum erfundungsgemäßen Nachblähen im Formteilautomaten nur eine Teilfüllung des Formhohlraumes im Formteilautomaten mit Schaumpartikeln vorgesehen. Das heißt, die Schaumpartikel füllen den Formhohlraum nur teilweise aus. Die Zwischenräume zwischen den Schaumpartikeln bleiben dabei unberücksichtigt.

[0127] Der Füllgrad entspricht dem gewünschten Nachblähen, denn durch das Nachblähen soll der Formhohlraum (abgesehen von den Zwischenräumen) ganz gefüllt werden.

[0128] Nach Erreichen des gewünschten Füllgrades wird die Form geschlossen und werden die Schaumpartikel auf Blähtemperatur erwärmt. Die Blähtemperatur liegt bei oder oberhalb des Erweichungspunktes des eingesetzten niedrig schmelzenden PP. Das kann mittels eines oder mehrerer Dampfstöße oder durch kontinuierliche Zuleitung von Heißdampf erfolgen. Zur Erzeugung einer gleichmäßigen Erwärmung sind ein oder mehrere Richtungswechsel des Heißdampfes vorgesehen. Der Heißdampf ist ein hochgespannter Dampf, d. h. zum Erreichen der materialspezifischen Erweichungstemperatur von z. B. 146 Grad Celsius in einem Fall oder z. B. 162 Grad Celsius im anderen Fall wird ein Dampf mit mehreren bar Druck benötigt. Die Erwärmung kann auch anders erfolgen.

[0129] Mit Erreichen der Blähtemperatur expandiert die eingeschlossene und erwärmte Druckluft in den Partikeln und beginnt eine bleibende Dehnung der Partikel.

[0130] Bei dem Expandieren oder nach dem Expandieren können die Schaumpartikel durch weitere Dampfstöße außen abgeschmolzen werden. Die Schaumzellen der Schaumpartikel schmelzen dabei lagenweise bzw. schichtweise ab. Je kleiner die Zeldurchmesser sind, desto genauer kann das Abschmelzen gesteuert und die sich durch Abschmelzen bildende Haut an den Schaumpartikeln bestimmt werden.

[0131] Nach ausreichendem Expandieren werden die Schaumpartikel durch neuerliche Dampzfzuführung an der Oberfläche auf Schweißtemperatur gebracht. Das bewirkt ein Anschmelzen der Oberfläche. Abgeschmolzene Schaumpartikel besitzen außen ohnehin Schweißtemperatur.

[0132] Zum Verschweißen erfolgt dann eine ganze oder teilweise Druckentlastung des Formhohlraumes. Aufgrund der dadurch entstehenden weiteren Expansion der Schaumpartikel entsteht ein Druck zwischen den Schaumpartikeln und findet die Verschweißung der Schaumpartikel an deren Berührungsflächen zu einem Formteil statt.

[0133] Das Nachblähen und das anschließende Verschweißen bilden zwei Verfahrensabschnitte, die vorzugsweise ineinander übergehen, d. h. sich ohne zeitlichen Abstand aneinander anschließen. Entsprechendes gilt für das Abschmelzen der Schaumpartikel.

[0134] Während die Schaumpartikel beim Nachblähen und Verschweißen noch eine amorphe Gefügestruktur besitzen, stellt sich mit der entsprechend vorgesehenen (langsamen) Abkühlung der entstehenden Formteile eine kristalline Gefügestruktur ein. Die Formteile werden dadurch sehr viel wärmfester als das Ausgangs PP. D. h. zu einer späteren Warmverformung müssen sehr viel höher Temperaturen als beim Nachblähen und Verschweißen erreicht werden. Wollte man eine solche Erwärmung mit Heißdampf darstellen, müßte der Dampf auf 20 bar und mehr Druck hoch gespannt werden. Die Kühlzeit bzw. Stabilisierungszeit beträgt vorzugsweise mindestens 90 bis 200 Sekunden.

[0135] In der Zeichnung sind mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt.

[0136] Die Zeichnung zeigt einen Doppelschneckenextruder mit einem Gehäuse 2 und zwei Schnecken 3 und 4, die miteinander kämmen. Im Ausführungsbeispiel drehen sich die beiden Schnecken 3 und 4 gleichsinnig. In anderen Ausführungsbeispielen drehen sich die Schnecken gegenläufig. In noch anderen Ausführungsbeispielen ist dem Doppelschneckenextruder ein als Einschneckenextruder ausgebildeter Kühlextruder nachgeordnet oder es sind unterschiedliche Extrudersysteme in einem Extruder kombiniert. Die Schnecken 3 und 4 werden über eine Motor/Getriebeeinheit 1 angetrieben.

[0137] Im Betriebsfall werden zwei verschiedene PP mit einem höheren und einem niedrigeren Schmelzpunkt als Einsatzgranulat mit Zuschlägen über einen Trichter 5 aufgegeben. Die Schmelzpunkte liegen im Ausführungsbeispiel 20 Grad Celsius auseinander. Der niedrigschmelzende PP-Anteil hat einen Schmelzpunkt von 143 Grad Celsius, der hochschmelzende PP-Anteil einen Schmelzpunkt von 163. Zu den Zuschlägen gehören Stabilisatoren für die Schnecke und Nukleierungsmittel, mit denen die Keimbildung/Zellbildung bei einem gewünschten Aufschäumen des Kunststoffes beeinflußt wird.

[0138] Das Einsatzgranulat wird mit den Zuschlägen eingezogen, komprimiert und unter Druck und Erwärmung plastifiziert. Die Erwärmung des PP ist teilweise Folge der Verformungsarbeit in dem Extruder, teilweise Folge einer Zuführung von Wärme. Die Zuführung von Wärme erfolgt über das Gehäuse 2.

[0139] Anschließend wird die entstandene Schmelze homogenisiert. Spätestens dann setzt regelmäßig eine Kühlung der Schmelze ein. Durch die Kühlung wird die Wärme abgeführt, die über die weitere Verformungsarbeit in der Schmelze entsteht.

[0140] Nach der Homogenisierung der Schmelze wird bei 9 flüssiges Kohlendioxid über eine Zuleitung und eine Pumpe 8 in den Extruder eingespeist. Die Einspeisung erfolgt mit entsprechendem Druck und genauer Dosierung über eine Pumpe und in Abhängigkeit vom Druck im Extruder an der Eintrittsstelle des Kohlendioxids. Für die Druckmessung ist im Extrudergehäuse eine Druckmeßeinrichtung vorgesehen, im einfachsten Fall eine Druckmeßdose in einer bzw. an einer Gehäusebohrung. Der Druck steuert die Pumpe, so daß Mengenschwankungen in der durchströmenden Schmelze durch Reduzierung oder Erhöhung des Gasinhaltes Rechnung getragen werden können.

[0141] Im Ausführungsbeispiel sind im Mittel 8 Gew.-% Kohlendioxid, bezogen auf die Einsatzmischung, für ein alleiniges Schäumen mit Kohlendioxid vorgesehen.

[0142] Das eindringende Kohlendioxid wird in der Schmelze fein dispergiert.

[0143] Daran schließt sich eine genaue Kühlung der Schmelze auf 157 Grad Celsius im Ausführungsbeispiel, plus/minus 3 Grad Celsius. In anderen Ausführungsbeispielen ist die Austrittstemperatur anders. Sie liegt je nach Qualität des PP zwischen 140 und 170 Grad Celsius.

[0144] Der Extruder wird mit einem Druck von 110 bar plus/minus 3 bar vor Extrusionsdüsen 6 betrieben.

[0145] Die Extrusionsdüsen 6 befinden sich in einer Düsenplatte. Die Düsenplatte wird mit einem Schwenkmechanismus gehalten. Die Düsen besitzen eine Öffnungsweite(Durchmesser) von 1 mm und eine Düsenlippenlänge von 5 mm. Die Düsen sind in der Düsenplatte verschraubt, so daß sie gegen Stopfen auswechselbar sind. Die Anzahl der Düsen wird in mehreren Versuchen in Abhängigkeit von der Regelung des gewünschten Extrusionsdruckes und in Abhängigkeit von dem Betriebsergebnis einer nachgeschalte-

ten Granuliereinrichtung 7 optimiert.

[0146] Eine Düse ist in Fig. 2 dargestellt. Die Düse sitzt in einer Düsenplatte 15 mit anderen Düsen gleichmäßig verteilt. Die Düse wird durch einen Einsatz 16 gebildet, der einschraubt und gegen Stopfen auswechselbar ist. In Zeichnung ist der Einsatz durchgängig zylindrisch dargestellt. In der Praxis ist der Einsatz 16 austrittsseitig abgesetzt und besitzt die Düsenplatte 15 austrittsseitig einen Kragen, mit dem der Absatz des Einsatzes 16 umfaßt wird. Das dient der Positionierung des Einsatzes 16. Dabei kann das Ende des Einsatzes 16 auch gegenüber der Düsenplatte vorragen. Das reduziert den Messerverschleiß der Granuliereinrichtung 7, deren Messer am Ende des Einsatzes entlang gleiten.

[0147] Eintrittsseitig zeigt die Düse einen Konus/Trichter 19, der in eine zylindrische Düsenbohrung 18 mit einem Durchmesser von 1 mm und einer Länge von 5 mm übergeht.

[0148] In der Granuliereinrichtung werden die aus der Düsenplatte nebeneinander austretenden Schaumstränge unter Wasser zerkleinert. Dabei ergeben sich im Ausführungsbeispiel Schaumpartikel mit einem Durchmesser von 5 mm und einem Raumgewicht von 30 Gramm pro Liter.

[0149] Die Schaumpartikel sind im Ausführungsbeispiel zu 99% geschlossenporig. In anderen Ausführungsbeispielen ist die Geschlossenporigkeit noch höher oder gering, nicht jedoch weniger als 95%, gerechnet auf die Zahl der Zellen pro Flächeneinheit.

[0150] Die Zellgröße liegt unterhalb von 0,06 mm, vorzugsweise unter 0,02 mm. Gegenüber durchschnittlichen sonstigen Schaumpartikeln beinhaltet das eine extrem feine Zellbildung. In der Fig. 5 ist eine vergrößerte Abbildung eines erfundsgemäßen Schaumpartikels wiedergegeben. Fig. 6 zeigt eine Abbildung eines herkömmlichen Schaumpartikels mit gleicher Vergrößerung. Daraus wird der unterschiedliche Zeldurchmesser deutlich. Entscheidend ist das Volumen. Bei der Berechnung des Volumens geht der Durchmesser in der dritten Potenz ein.

[0151] Die gewünschte gleiche Härte wie bei herkömmlichen Schaumpartikeln und eine ggfs. noch größere Härte wird bei der Verarbeitung der Schaumpartikel im Formteilautomaten durch die entstehende Haut erzeugt, die ein Gerüst bildet.

[0152] Nach Fig. 3 erfolgt die Granulierung in einer Einrichtung 20 in einen umlaufenden, gekühlten Wasserstrom. Durch die Kühlung wird die bis dahin amorphe Gefügestruktur des PP eingefroren. Der Wasserkreislauf zeigt einen Zulauf 22 zu der Einrichtung 20 und einen Ablauf 21 für das Wasser. Das ablaufende Wasser fördert die entstandenen Schaumpartikel in einen Sammler 25. Dort werden die Schaumpartikel mit einem Sieb zurückgehalten, während das Wasser durch eine Leitung 27 weiterströmt. Das wird fortgesetzt, bis eine gewünschte Kammerfüllung erreicht worden ist. Dann wird die Kammer mit Hilfe von Schiebern aus dem Wasserkreislauf herausgenommen und unten geöffnet. Die Schaumpartikel mit dem eingeschlossenen Wasser lassen sich dann durch eine Leitung 29 abziehen. Es folgt eine mechanische Trennung des Wassers von den Schaumpartikeln in einem Zyklon. Danach werden die Schaumpartikel einem Silo zugeführt.

[0153] Solange die Kammer 25 zur Entleerung aus dem Wasserkreislauf herausgenommen worden ist, wird das mit Schaumpartikeln beladene Wasser in eine Leitung 24 zu einer zweiten Kammer 26 umgelenkt. Zu der Kammer 26 gehört noch eine Abflußleitung 28 für Wasser. Die in der Kammer 26 gesammelten Partikel werden durch eine Leitung 30 abgezogen.

[0154] Die beiden Kammern 25 und 26 arbeiten im Wechsel.

[0155] Es können aber auch noch weitere Kammern einbezogen werden.

[0156] Fig. 4 zeigt einen Extruder 35 und eine Wassergranulierung 36 für die aus dem Extruder 35 austretenden Schaumstränge. Die Wassergranulierung wird mit einem Wasserkreislauf betrieben. Die Wasserströmung trägt die entstandenen Schaumpartikel zur mechanischen Trocknung in eine Trockenschleuder 37. Von dort werden die Schaumpartikel einem Silo 39 zugeführt und gesammelt. Zumindest im Silo diffundiert das Kohlendioxid aus und dringt Luft ein.

[0157] Bedarfsweise werden die Schaumpartikel aus dem Silo 39 abgezogen und einem Druckbehälter 40 zugeführt. In dem Druckbehälter erfolgt eine langsame Beladung mit Druckluft. Die Druckerhöhung beträgt 1 bar alle vier Stunden bis zum einem Druck von 4 bar.

[0158] In anderen Ausführungsbeispielen ist eine gleitende Druckerhöhung oder eine Druckerhöhung in anderen Stufen vorgesehen. Aus dem Druckbehälter werden die Schaumpartikel in einen Formteilautomaten 41 geleitet. Dabei wird ein Füllgrad eingehalten, der unter Berücksichtigung des Ausgangsschüttgewichtes der Schaumpartikel und dem freien Raum in dem Formhohlraum zu einer gewünschten Reduzierung des Raumgewichtes führt. Unter Bedämpfung der Partikel in der Form auf Nachblähtemperatur entsteht zunächst ein Nachblähen und anschließend unter weiterer Bedämpfung ein Verschweißen der Schaumpartikel zu einem Formteil erfolgt.

[0159] Die ausgeformten Formteile zeigen eine charakteristische Hautbildung an der Formteil-Oberfläche. Darüber hinaus ist eine charakteristische Hautbildung an der Oberfläche der einzelnen Schaumpartikel festzustellen, wenn ein Schnitt durch ein hergestelltes Formteil gemacht wird. Die Fig. 7 zeigt einen Schnitt durch ein erfindungsgemäßes Formteil. Die verhauteten Grenzen der Schaumpartikel sind deutlich als dunkle Linien erkennbar. Fig. 8 zeigt eine vergleichbare Abbildung unverhauteter Schaumpartikel.

[0160] Diese Hautbildung wird mit der Feinzeligkeit der erfindungsgemäßen Schaumpartikel erklärt. Die auf einen solchen Schaumpartikel auftreffenden Dampfstoße schmelzen die außen liegenden Zellschichten ab, ohne daß die darunter liegenden Zellschichten davon beeinträchtigt werden. Dieses Verhalten wird mit der geringen Wärmeleitfähigkeit des Kunststoffes erklärt. Je feiner die Zellschichten sind, desto genauer und gleichmäßiger kann die Hautbildung und der Gerüstaufbau gesteuert werden.

[0161] Bei großvolumigen Zellen führt ein Abschmelzen einer außenliegenden Zellschicht sofort zu einer massiven Durchmesserreduzierung. Außerdem wird bei weitem nicht eine vergleichbare Hautqualität erreicht.

[0162] Die erfindungsgemäßen Formteile zeichnen sich in vielen Eigenschaften gegenüber herkömmlichen Formteilen aus. Zu den vorteilhaften Eigenschaften gehören

aa) die Arbeit Wup, welche die Formteile nach dem Zusammendrücken mit einem Stempel wieder abgeben, wenn sie sich gegen die Stempelkraft zurückbilden.

bb) das Schüttgewicht

cc) das Raumgewicht

dd) die Druckspannung beim Zusammendrücken

ee) die Zugspannung bei einer Zugbelastung

ff) die Zugdehnung bei einer Zugbelastung

gg) die spez. Zugspannung (aus dem Quotienten von Zugspannung und Raumgewicht)

hh) die Stauchhärte

pannung, Fig. 11 die Druckspannung. Dabei bezeichnen die Kurven 201, 204 und 210 das Verhalten eines erfindungsgemäßen Formteiles und die Kurven 202, 205 und 211 das Verhalten eines vergleichbaren herkömmlichen Formteiles der 5 Anmelder.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von PP-Schaumpartikeln mit einem Durchmesser von maximal 15 mm, vorzugsweise mit einem Durchmesser von maximal 10 mm und noch weiter bevorzugt mit einem Durchmesser von maximal 6 mm, aus thermoplastischem Kunststoff, mit Kohlendioxid als Treibmittel, wobei

a) für die Herstellung ein Extruder verwendet wird

b) in den Extruder eine PP-Mischung eingesetzt wird, deren PP-Mischungsanteile vor der Mischung voneinander abweichende Schmelzpunkte besitzen und in der Mischung einen zusammenhängenden Schmelzbereich mit einer dem Abstand der Schmelzpunkte entsprechenden Breite bilden,

c) die Treibmittelmenge so bemessen ist, daß die entstehenden Schaumpartikel ein Schüttgewicht von höchstens 150 Gramm pro Liter, vorzugsweise höchstens 100 Gramm pro Liter und noch weiter bevorzugt höchstens 50 Gramm pro Liter aufweisen

d) das Treibmittel in flüssiger Form bis an den Extruder geführt und in den Extruder eingespeist wird

e) das Treibmittel so in der Schmelze verteilt wird, daß die Zellgröße in den entstehenden Schaumpartikeln höchstens 0,1 mm, vorzugsweise 0,06 mm und noch weiter bevorzugt höchstens 0,02 mm beträgt

f) in dem Extruder und vor dem Werkzeug ein Druck gewahrt wird, der ein Aufschäumen(Vorschäumen) der Schmelze vor Passieren der engsten Stelle des Werkzeuges (Düsen) verhindert.

g) eine Vielzahl von Schmelzesträngen gleichzeitig ausextrudiert werden, die in dem niedrigeren Druck der umgebenden Atmosphäre aufschäumen und granuliert und gekühlt werden

h) die entstandenen Schaumpartikel in einen Formteilautomaten gefüllt werden und dort zur Verschweißung der Schaumpartikel mit Heißdampf beaufschlagt werden, welcher eine höhere Temperatur hat als der Heißdampf, der dem niedrig schmelzenden PP-Mischungsanteil angepaßt ist, so daß PP-Schaum zu einer Gerüst bildenden Haut an den Schaumpartikeln und zu einer Gerüst bildenden Außenhaut am entstehenden Formteil abschmilzt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

a) mindestens ein Mischungsanteil der PP-Mischung ein PP-HMS ist,

b) der zur Erwärmung der Schaumpartikel vorgesehene Heißdampf dem niedrig schmelzenden Mischungsanteil oder dem hoch schmelzenden Mischungsanteil angepaßt ist oder zwischen den beiden Grenzwerten liegt, die dem niedrig schmelzenden und dem hoch schmelzenden Mischungsanteil zuzuordnen sind und/oder

c) daß die Schaumpartikel mit dem Heißdampf zunächst außen abgeschmolzen werden, so daß

[0163] Die Fig. 9 zeigt die Stauchhärte, Fig. 10 die Zugs-

sich eine Haut an den Schaumpartikeln und eine Außenhaut am entstehenden Formteil bildet, und daß anschließend eine Verschweißung stattfindet und/oder

d) der Temperaturabstand zwischen der Schmelztemperatur des niedrig schmelzenden und des hoch schmelzenden Mischungsanteils mindestens 5 Grad Celsius, vorzugsweise mindestens 10 Grad Celsius und noch weiter bevorzugt mindestens 15 Grad Celsius beträgt und/oder

e) die Treibmittelmenge 2 bis 15 Gew.-%, vorzugsweise bis 10 Gew.-%, bezogen auf die Einsatzmischung im Extruder ist und/oder

f) das Treibmittel flüssig in oder vor der Dispergierungszone eingespeist wird und/oder

g) der Treibmitteldruck in Abhängigkeit von Schmelzedruck verändert wird und/oder

h) die Treibmitteleinspeisung in Abhängigkeit von dem Schmelzedurchfluß im Extruder erfolgt und/oder

i) für das Dispergieren ein Doppelschneckenextruder oder ein Extruder mit vergleichbarer Dispergierungsleistung verwendet wird und/oder

j) der Schmelzedruck vor der Extrusionsdüse 80 bis 120 bar beträgt und/oder

k) Extrusionsdüsen verwendet werden mit einer Düsenöffnung von 0,6 bis 1,5 mm Durchmesser und einer Lippenlänge von 1 bis 10 mm und/oder

l) die Temperatur der Schmelze in der Düse in einem Temperaturfenster liegt, welches bis 10% von der Schmelztemperatur nach oben und/oder unten abweicht und/oder

m) die Schaumpartikel beim Granulieren durch Kühlung, insbesondere mit einer Wasserkühlung, in der amorphen Struktur eingefroren werden und/oder

n) Schaumpartikel mit einem Durchmesser bis 15 mm, vorzugsweise bis 6 mm Durchmesser erzeugt werden und/oder

o) die Schaumpartikel nach dem Einfüllen in die Form mit einem Heißdampf beaufschlagt werden, der einen Druck bis zu 8 bar, vorzugsweise bis zu 6 bar und noch weiter bevorzugt 3 bis 5 bar besitzt und/oder

p) die entstehenden Formteile ohne Tempern weiterverarbeitet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß

a) als Treibmittel zunehmend Kohlendioxid eingesetzt wird, bis das Treibmittel mindestens zu 50 Gew.-%, vorzugsweise mindestens zu 80 Gew.-% und noch weiter bevorzugt zu mehr als 99 Gew.-%, bezogen auf die gesamte Treibmittelmenge, aus Kohlendioxid besteht und

b) daß die Mischungsanteile – soweit vorhanden – aus Wasser und/oder Alkohol und/oder Ketonen und/oder Pentan und/oder Propan und/oder Isobutan und/oder Butan und/oder

c) daß die Treibmittelmenge bei einem Kohlendioxidanteil von 99 Gew.-% und mehr, bezogen auf die gesamte Treibmittelmenge, vorzugsweise 2 bis 6 Gew.-% und noch weiter bevorzugt 3,7 bis 4,8 Gew.-% bezogen auf die Einsatzmischung im Extruder, beträgt

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Schmelzedruck 110 bar plus/minus 5 bar beträgt und/oder die Düsenöffnung 0,9 bis 1,1 mm Durchmesser besitzt und/oder die Lip-

penlänge 4 bis 8 mm ist und/oder die Düsen entlang der Lippe eine zylindrische Düsenöffnung besitzen und/oder die Granulierung durch Ablängen der Schmelzestränge erfolgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch Verwendung eines Extrusionswerkzeuges mit einer Vielzahl von Düsen und durch die Änderung der Düsenzahl zur Einhaltung des Schmelzedruckes vor den Extrusionsdüsen und/oder die Länge der abgelängten Schmelzestrangabschnitte höchstens um 25%, vorzugsweise höchstens um 10% vom Durchmesser der expandierten Schmelzestränge abweicht.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Düsen ganz oder teilweise verschließbar oder gegen Stopfen auswechselbar sind.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Schmelzedurchgang/Schmelzedurchsatz in jeder Düse 0,25 bis 2,5 kg, vorzugsweise 0,4 bis 0,6 kg, pro min und pro 0,8 Quadratmillimeter Düsenöffnungsfläche beträgt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch Verwendung von Extrusionsdüsen mit einer höheren Gleitfähigkeit für Kunststoff an den Düsenflächen als bei unbehandeltem Stahl und/oder daß der Schmelze ein Gleitmittel zugesetzt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Düsenflächen geschliffen und/oder poliert oder gehobt sind und/oder aus Messing oder Grafit bestehen oder mit Messing oder Grafit oder mit Teflon beschichtet sind oder titanisiert oder teflonisiert oder nitriert sind oder gehärtet sind.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die durch das Granulieren anfallenden Schaumpartikel nachgeblättert werden, wobei die Schaumpartikel nach dem Ausdiffundieren von Kohlendioxid mit einem Blähgas, insbesondere mit Druckluft beladen werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß unter Wasser granuliert wird und daß das Wasser zur Kühlung der Schaumpartikel genutzt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Granulierung in einem Wasserstrom erfolgt.

13. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaumpartikel nach der Kühlung von dem Wasser getrennt werden, wobei die Trennung mit Hilfe einer Trennschleuder oder durch Sammeln in Kammern erfolgt.

14. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaumpartikel in eine Kammer gefördert werden, bis ein gewünschter Füllungsgrad erreicht ist, daß der Wasserstrom mit den Schaumpartikeln danach in eine andere Kammer umgelenkt wird und daß die gefüllte Kammer nach Umlenken des Wasserstromes und/oder Wärmebehandlung der Schaumpartikel, insbesondere unter Trennung der Schaumpartikel von dem Wasser, nach unten entleert wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, gekennzeichnet durch Verwendung einer Kammer, insbesondere einer beheizbaren Kammer, mit einer verschließbaren Wasserzuführung, einer Schaumpartikelrückhaltung, insbesondere einem Sieb, einer verschließbaren Wasserabführung und einer Entleerung, insbesondere einem nach unten weisenden Entleerungstrichter, der offenbar und schließbar ist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, da-

durch gekennzeichnet, daß die entstandenen Schaumpartikel nach der Kühlung gesammelt und gelagert und in der dem jeweiligen Formteil und seinem Raumgewicht entsprechenden Menge einem Formteilautomaten zugeführt werden, wo die Schaumpartikel miteinander verschweißt werden.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzeugung von Schaumpartikeln geringen Schüttgewichtes Treibmittel bis zu 15 Gew.-%, bezogen auf die Schmelzemenge im Extruder, der Schmelze zugemischt wird und/oder daß die Schaumpartikel zur Erzeugung von Formteilen geringen Raumgewichtes durch Nachblähen in ein entsprechend geringes Schüttgewicht gebracht werden, wobei die Schaumpartikel zum Nachblähen mit Druckluft beladen werden und auf eine Temperatur erwärmt werden, bei der die Expansion der eingeschlossenen und erwärmten Druckluft zu einer bleibenden Verformung der Schaumpartikel führt.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schüttgewicht der Schaumpartikel von gleich oder weniger als 30 gr pro Liter, insbesondere von gleich oder weniger als 22 gr pro Liter und noch weiter bevorzugt von gleich oder weniger als 18 gr pro Liter in loser Schüttung eingehalten wird.

19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, gekennzeichnet durch Nachblähen der Schaumpartikel vor dem Eintritt in den Formteilautomaten und/oder durch Nachblähen der Schaumpartikel im Formteilautomaten, wobei der Formhohlraum über die sich zwischen den Schaumpartikeln bildenden Zwickelräume hinaus lediglich teilweise gefüllt wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Beladung der Schaumpartikel mit Druckluft in einem Druckbehälter a) kalt(Raumtemperatur) oder unter Erwärmung

b) unter stufenweiser oder kontinuierlicher Druckerhöhung oder unter sofortiger Anlegung des gewünschten Enddruckes erfolgt.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß bei kalter Beladung die Druckerhöhung bei 0,5 bar bis 1,5 bar pro Stunde erfolgt und daß bei warmer Beladung eine Erwärmung auf 60 bis 100 Grad Celsius erfolgt.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaumpartikel gegen einen Gegendruck in den Formhohlraum des Formteilautomaten gefüllt werden, wobei der Fülldruck zur Überwindung des Gegendruckes höchstens 1 bar, vorzugsweise höchstens 0,3 bar höher als der Gegendruck ist.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 22, gekennzeichnet durch Erwärmung der Schaumpartikel auf Nachbläh temperatur mittels Bedämpfung des Formhohlraumes im Formteilautomaten, vorzugsweise durch Bedämpfung aus wechselnden Richtungen.

24. Verfahren nach Anspruch einem der Ansprüche 17 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Nachblähen und das Verschweißen der Schaumpartikel in sich unmittelbar aneinander anschließenden Arbeitsschritten erfolgt.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 24, gekennzeichnet durch die Verwendung von PP-HMS, insbesondere solchem PP-HMS mit verzweigten Molekülketten und insbesondere als hochschmelzender PP-Anteil.

26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Verzweigung der Molekülketten

durch Teilvernetzung entstanden ist.

27. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilvernetzung durch Bestrahlen oder chemisch bewirkt wird.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil von PP-HMS an der PP-Mischung mindestens 15 Gew.-%, vorzugsweise 30 Gew.-% und noch weiter bevorzugt mindestens 50 Gew.-%, bezogen auf die PP-Mischung, vorzugsweise plus/minus 30% und noch weiter bevorzugt plus/minus 10%, bezogen auf die PP-Mischung, beträgt.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Abkühlung so verlangsamt wird, daß die entstandenen Formteile nach Abkühlung eine kristalline Struktur aufweisen.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß Hautdicke durch Änderung von Temperatur/Druck des Heißdampfes und/oder durch Änderung der Anzahl der Dampfstöße und/oder durch Änderung der Dampfstößlänge eingestellt wird.

31. Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß eine Hautdicke eingestellt wird, bei der die Tragfähigkeit des entstehenden Gerüstes in den Formpteilen ein Tempern der entstandenen Formpteile erübriggt.

32. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Hautdicke bis 0,08 mm, vorzugsweise bis 0,2 mm beträgt.

33. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß für die erfundungsgemäße PP-Mischung Mischungsanteile gewählt werden, bei denen der Abstand der zu den einzelnen Mischungsanteilen gehörenden Schmelztemperaturen noch gering genug ist, um in der Mischung einen geschlossenen Schmelzbereich zu verursachen und/oder der zum Verschweißen der Schaumpartikel vorgeschene Heißdampf bei einem Druck von 3 bis 5 bar erfolgt.

34. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß für die Herstellung von Isolierungen oder Verpackungsschaum Schaumpartikel mit einem Schüttgewicht bis max. 20 Gramm pro Liter, vorzugsweise bis max 15 Gramm pro Liter verwendet werden.

---

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

---

**- Leerseite -**

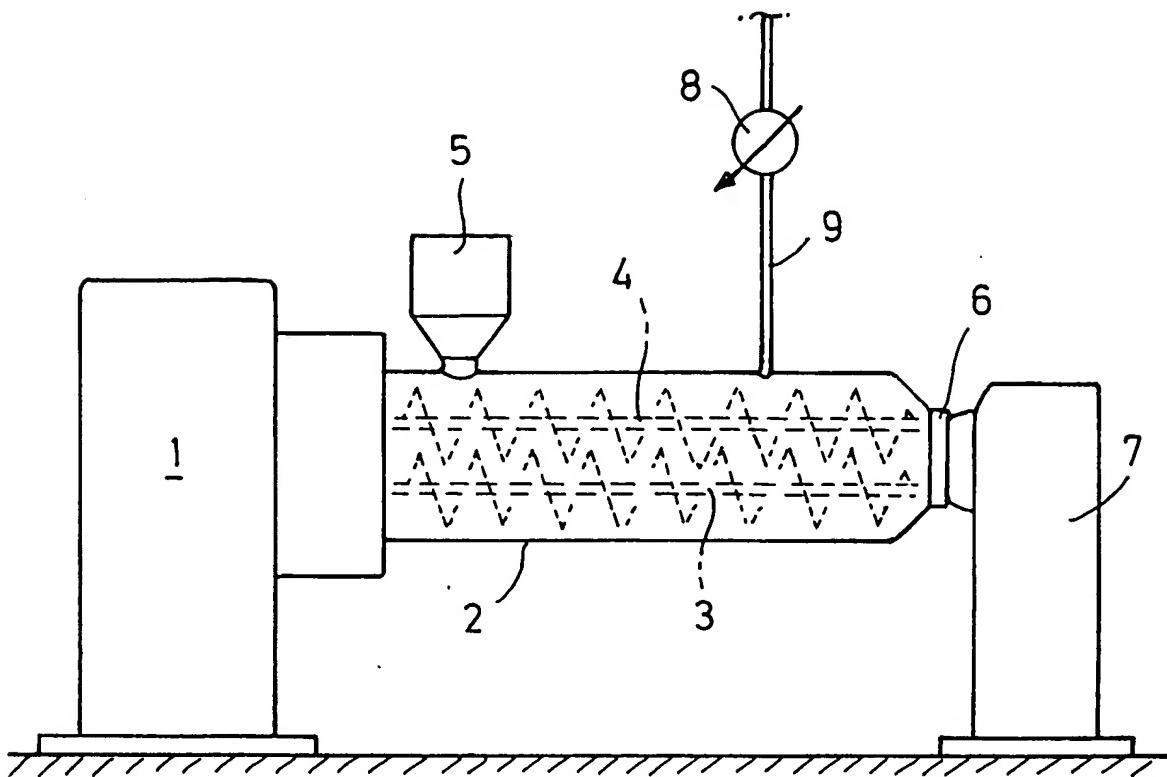


Fig. 1

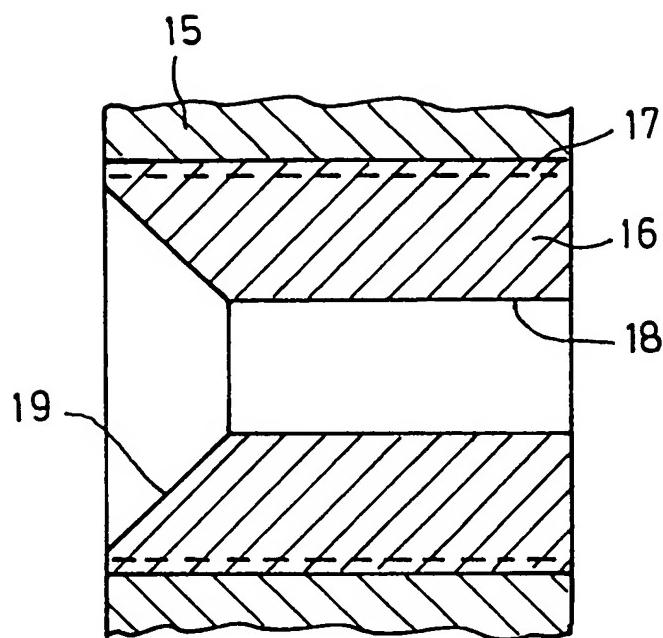


Fig. 2

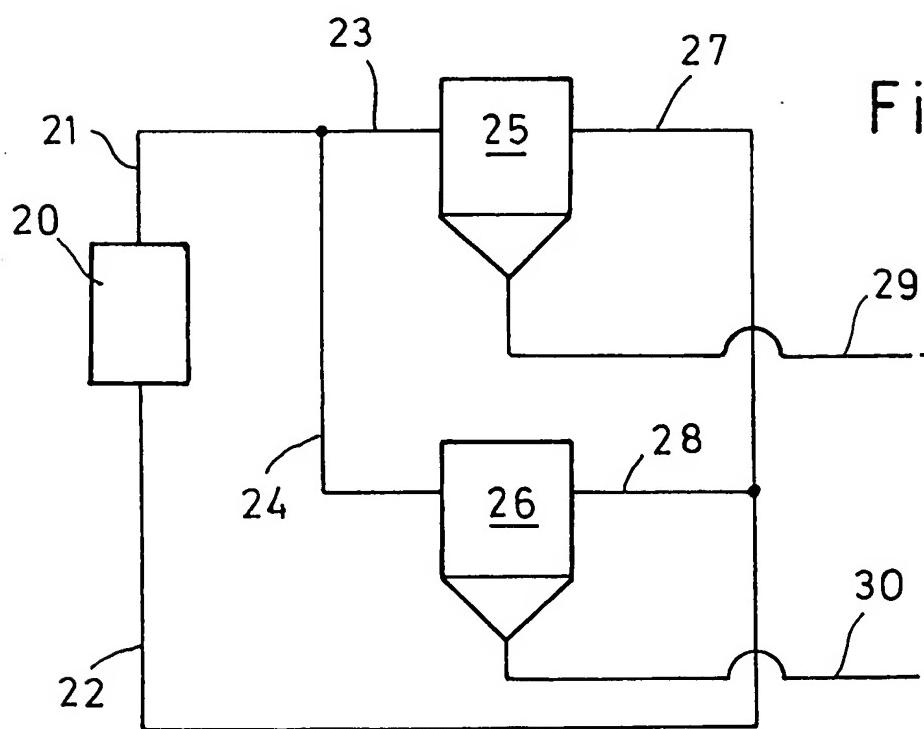


Fig. 3

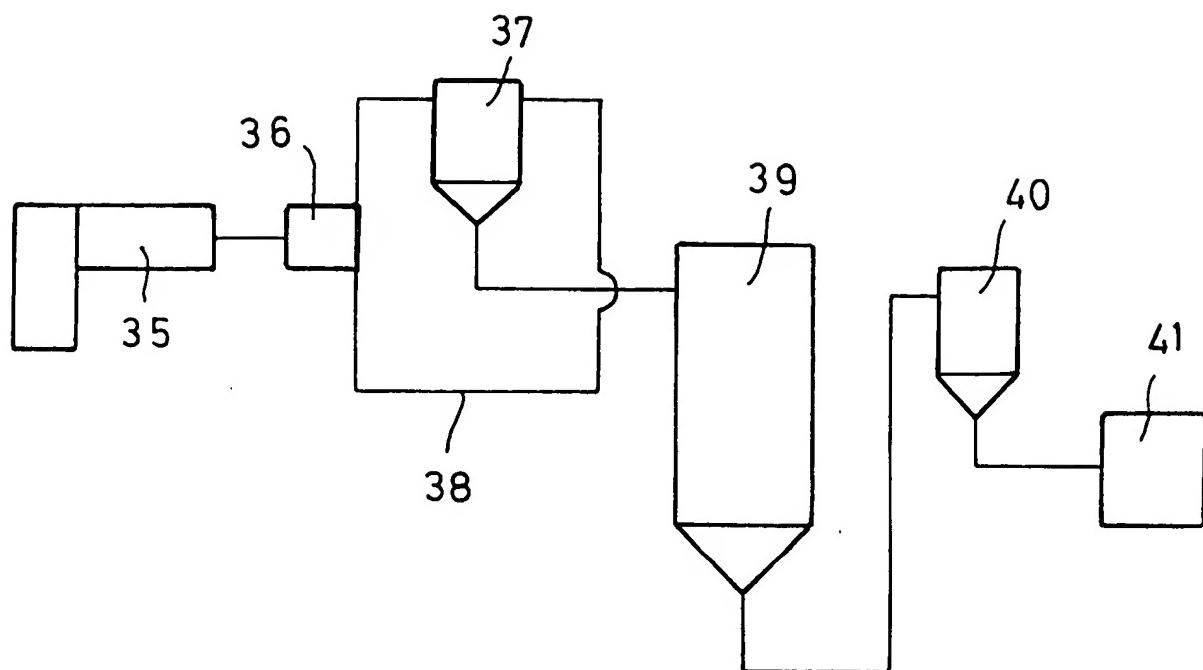


Fig.4

Stauchhärte bei 65% Kompression

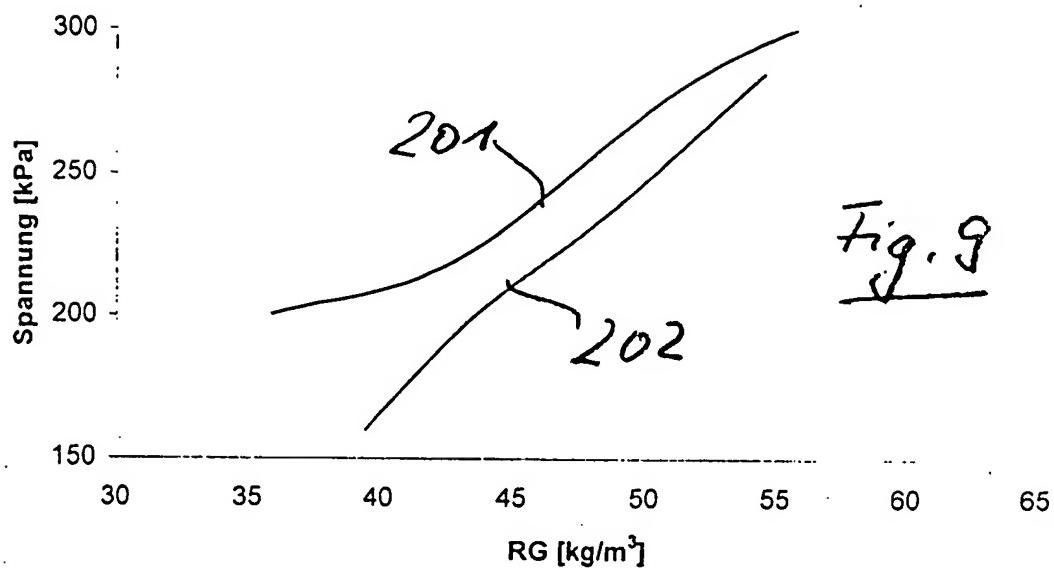


Fig. 9

Zugspannung

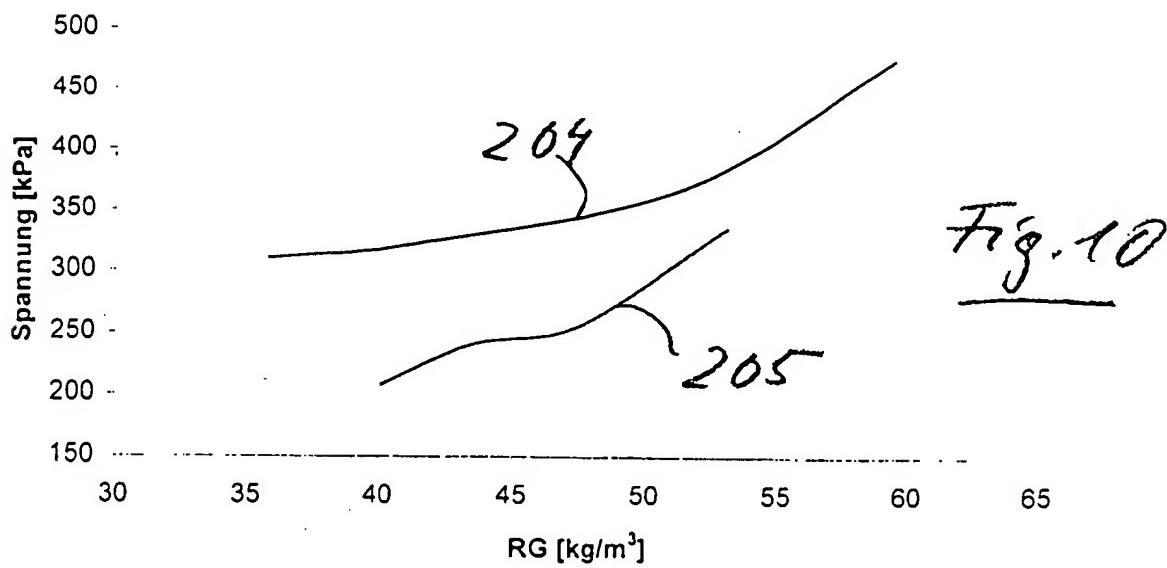


Fig. 10

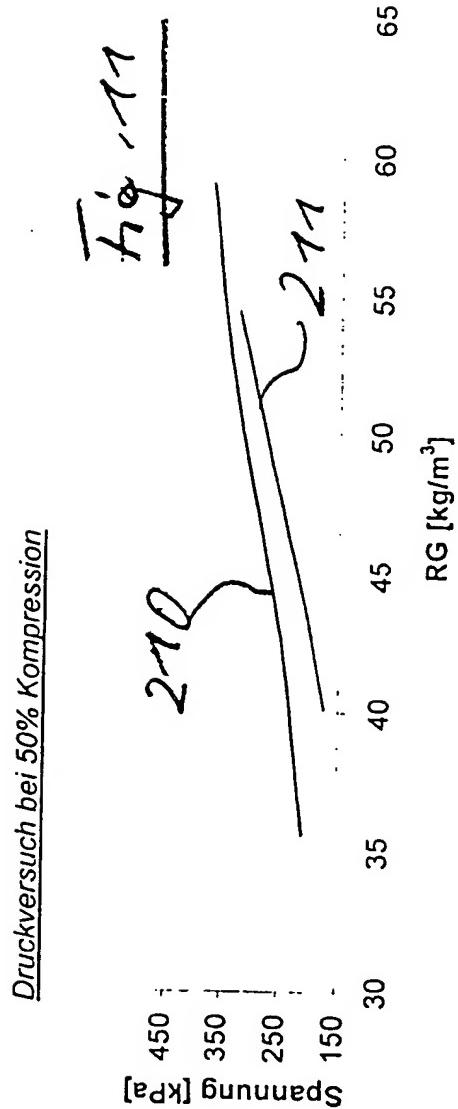




Fig. 5

BEST AVAILABLE COPY

102 690/792

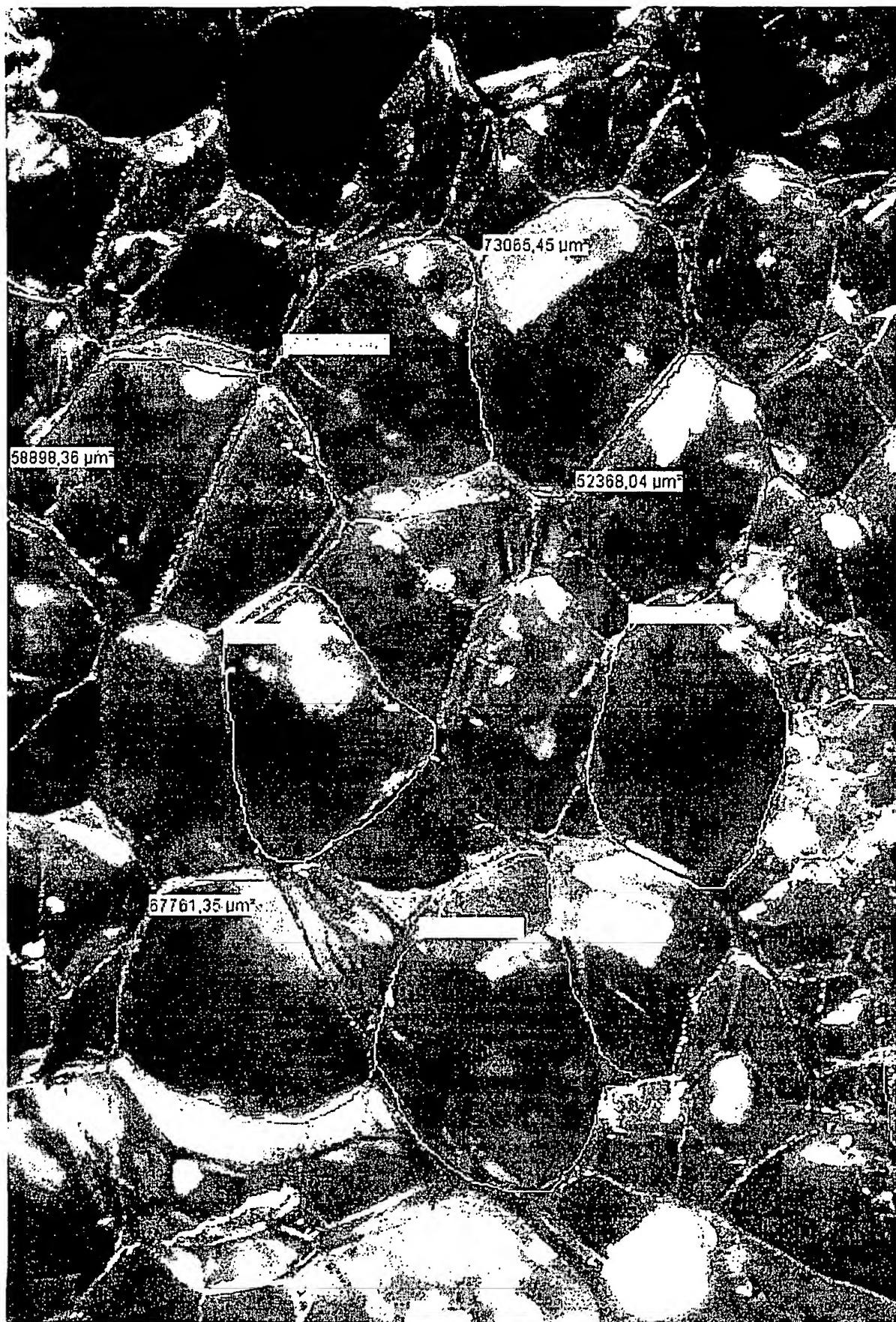


Fig. 6

BEST AVAILABLE COPY

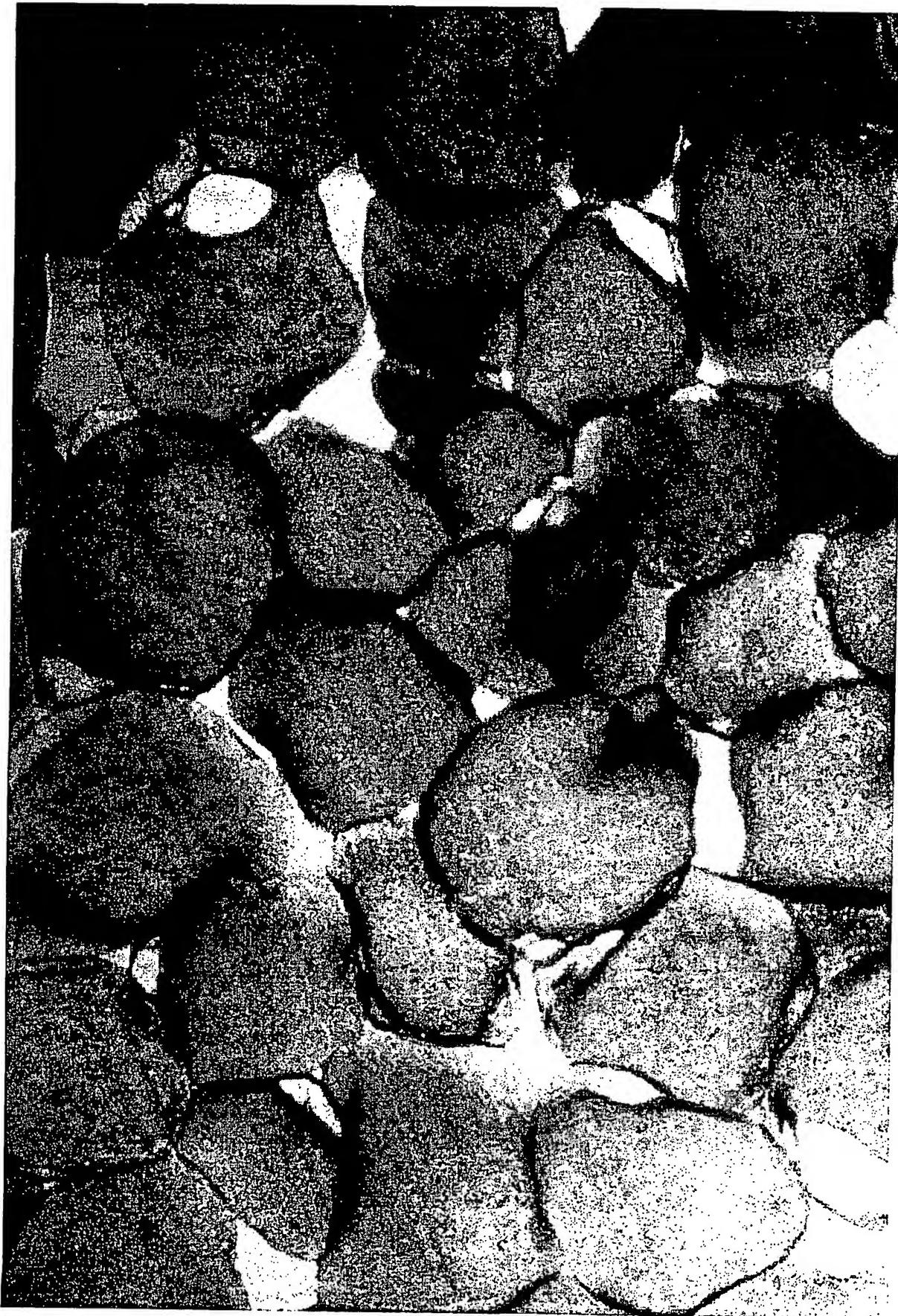


Fig. 7

BEST AVAILABLE COPY.

102 690/792

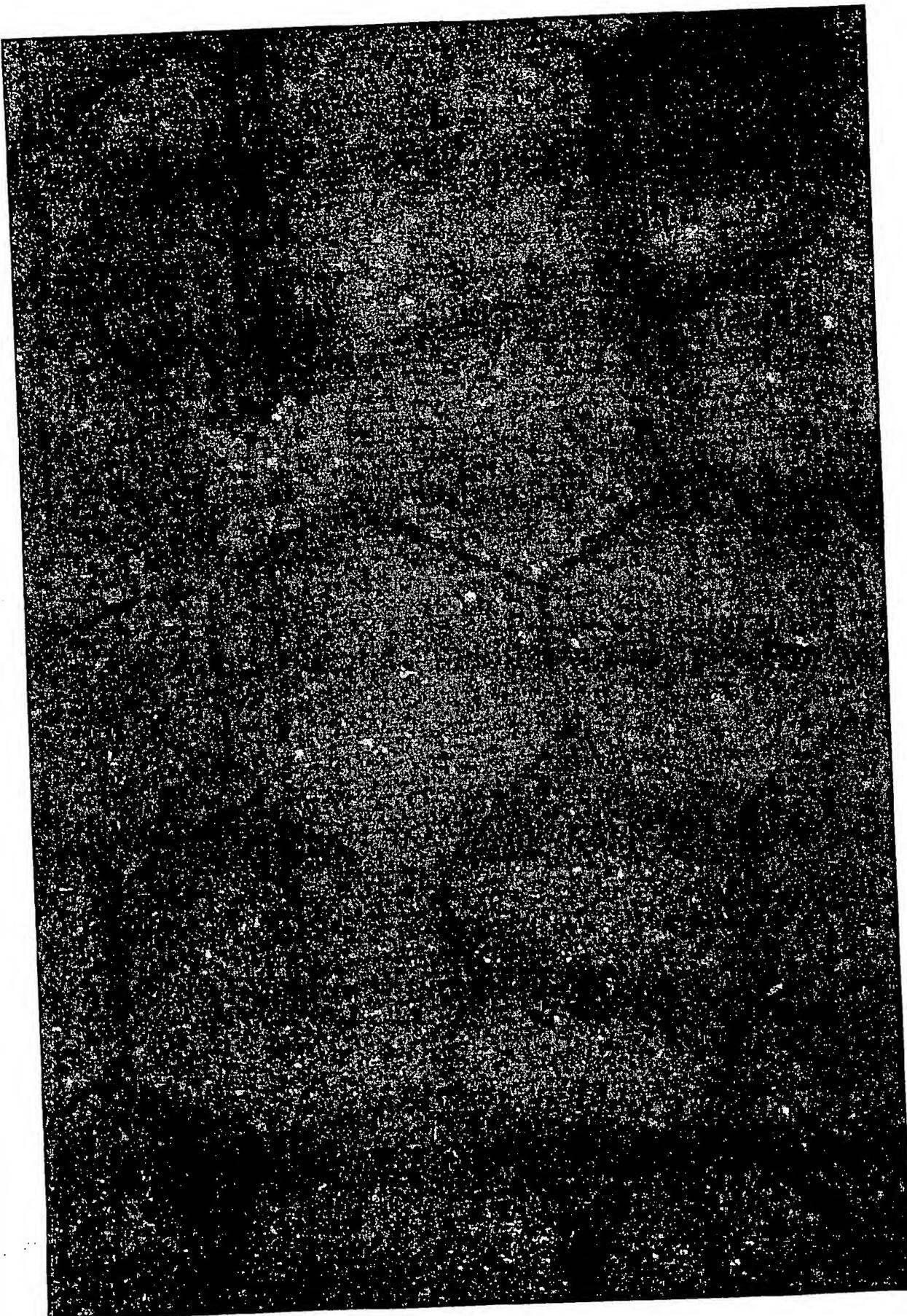


Fig. 8